



universität
wien

Diplomarbeit

Titel der Arbeit

Topografische Relevanzfeldkarten im
Autoinnenraum: Untersuchung zentraler Bereiche durch
haptische Evaluation

Verfasser

Michael Forster

Angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, im Februar 2010

Studienkennzahl: 298

Studienrichtung: Psychologie

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Claus-Christian Carbon

DANKSAGUNG

Ich danke vor allem meinem Betreuer, Univ.-Prof. Dr. Claus-Christian Carbon, der mir einerseits die Möglichkeit gab dieses spannende Thema zu bearbeiten und mir andererseits im Verlauf der Arbeit immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Darüber hinaus möchte ich mich bei ihm bedanken, dass er durch seine Art zu Lehren und zu Forschen in mir das Interesse an der wissenschaftlichen Forschung geweckt hat.

Ein besonderer Dank gilt auch meinen Eltern, Elisabeth Forster und Dr. Wolfgang Forster, deren Anteil an meinem bisherigen Studienerfolg sich kaum durch Worte ausdrücken lässt. Sie haben mich immer sowohl moralisch als auch finanziell unterstützt und hatten immer ein offenes Ohr für meine Sorgen und Probleme.

Weiters möchte ich mich bei Mag. Andrea Berger, die mit mir diese Studie geplant und durchgeführt hat, bedanken. Aufgrund ihrer Professionalität und ihres Einsatzes war es eine Freude mit ihr gemeinsam diese Studie zu machen. Darüber hinaus gebührt auch den drei Onkeln von Frau Mag. Berger ein großer Dank, da sie uns nicht nur die Möglichkeit gaben in ihrem Autohaus zu testen, sondern uns auch immer unterstützten.

Letztlich möchte ich meiner Freundin DI Elke Fellner danken, dass sie immer an mich glaubte, mir half meine teilweise wirren Gedanken zu ordnen und mich auf Fehler in meiner Arbeit hinwies. Mag. Mario Karolyi sei für das Korrekturlesen meiner Arbeit bedankt. Darüber hinaus möchte ich mich auch noch bei DI Mag. Andreas Gartus bedanken, der mir mit seinen Anregungen und durch sein umfassendes Fachwissen vor allem in schwierigen Phasen der Arbeit weitergeholfen hat.

KURZZUSAMMENFASSUNG

Da das Design des Fahrzeugs ein zunehmend wichtiger Faktor in der Differenzierung der Marken ist, wurde mittels Kameraaufzeichnungen erfasst, welche Bereiche und Elemente im Fahrzeuginnenraum besonders häufig von potentiellen Besitzern während einer Exploration berührt werden. Anhand zweier Testmodelle, einer Limousine und einem Kleinwagen, konnte mittels topografischer Relevanzfeldkarten die Häufigkeitsverteilung der Berührungen über die Bereiche durch unterschiedliche Färbung der Bereiche auf einem Bild des Innenraums dargestellt werden. Es zeigte sich, dass bei beiden Modellen unabhängig vom Alter, Geschlecht oder von der Expertise der Testpersonen vor allem die fahrrelevanten Bereiche, wie der Lenkrad-Bereich (umfasst u.a. Lenkrad, Scheibenwischer und Blinkerhebel) und die Tunnelkonsole (umfasst u.a. Schaltkauf und Handbremse), am häufigsten berührt werden. Der Beifahrerbereich und der Bereich über dem Fahrer werden hingegen nur wenig beachtet. Dies impliziert, dass im Designprozess auf vor allem auf die Gestaltung der Bereiche um das Lenkrad und den Schaltknäuf besonders viel Wert gelegt werden sollte.

ABSTRACT

As the design of an automobile is getting more and more important these days, it was investigated, which areas and parts of the car interior are the most touched by potential owners via filming them during an exploration. By using two different types of cars, a sedan and a subcompact car, the frequency distribution of the touches in the interior was depicted using topographical relevance-field-maps. Those are pictures of the interior, where the frequency distribution of the haptic exploration is represented by different colors of the specific parts and areas. It was clearly shown, that the areas relevant for guiding the vehicle, which are the steering wheel area (containing steering wheel, direction indicator, windshield wiper et al.) and the gear lever area (containing gear lever, handbrake et al.), are explored the most. The area above the driver and the passenger side are explored the least. These findings were independent of the type of car used and of the gender, age and level of expertise of the participants. Therefore it is concluded that, when designing a car, the designers should attach great importance on the areas around the steering wheel and the gear lever.

INHALT

THEORIE	1
1 EINLEITUNG	1
2 AUTOMOBILDESIGN	3
2.1 DIE GESTALTUNG DES FAHRZEUGINNENRAUMS	4
2.1.1 Gesetzliche Richtlinien und Normen	5
2.1.1.1 Gesetze	5
2.1.1.2 Normen	6
2.1.2 Zentrale Bereiche	8
2.1.3 Anzeigen und Bedienelemente	10
2.1.3.1 Lösung und Anwendung der Multifunktionalität am Beispiel von BMW	12
2.2 ABLAUF UND ÜBERPRÜFUNGSMETHODEN DER GESTALTUNG VON FAHRZEUGINNENRÄUMEN	14
2.2.1 Kritik an den Methoden	18
3 HAPTİK	21
3.1 GRUNDLAGEN DES TASTSINNS UND DER HAPTİK	21
3.2 HAPTISCHE WAHRNEHMUNG	22
3.3 INTERMODALE WAHRNEHMUNG	24
3.4 PRODUKTEXPLORATION	26
3.4.1 Haptik im Autoinnenraum	28
4 RATIONALE UND HYPOTHESEN DER AKTUELLEN STUDIE	31
4.1 HYPOTHESEN	32
EMPIRIE	35
5 METHODE	35
5.1 STICHPROBE	35
5.2 VERWENDETE MATERIALIEN	36
5.2.1 Ort und Fahrzeuge	36
5.2.2 Aufzeichnung	37
5.2.3 Fahrscenarien	37
5.2.4 Evaluationsfragebogen	39
5.2.5 Autofragebogen V2.0 (AFB V2.0)	39
5.3 VERSUCHSABLAUF	40
5.4 MESSMETHODEN	41

5.4.1	Videobearbeitung	41
5.4.2	Datencodierung	42
5.4.3	Erstellung topografischer Relevanzfeldkarten(Heatmap).....	43
5.4.3.1	Alternative 1	44
5.4.3.2	Alternative 2	46
6	ERGEBNISSE.....	51
6.1	DESKRIPTIV STATISTIK.....	51
6.1.1	RENAULT CLIO	51
6.1.1.1	Elemente - Häufigkeit.....	52
6.1.1.2	Topografische Relevanzfeldkarten (Heatmaps).....	53
6.1.1.3	Elemente – Zeitdauer.....	53
6.1.2	RENAULT LAGUNA.....	56
6.1.2.1	Elemente - Häufigkeit.....	57
6.1.2.2	Topografische Relevanzfeldkarten (Heatmaps)	57
6.1.2.3	Elemente – Zeitdauer.....	58
6.1.2.4	Generelles zu den Elementen	60
6.2	FAHRSZENARIEN.....	61
6.2.1	Renault Clio.....	61
6.2.2	Renault Laguna	61
6.3	AUTOFRAGEBOGEN V2.0.....	62
6.4	EVALUATIONSFRAGEBOGEN	62
6.5	INFERENZ STATISTIK	64
6.5.1	Unterschiede zwischen den Modellen	64
6.5.2	Unterschiede zwischen den Bereichen	65
6.5.2.1	Renault Clio.....	66
6.5.2.2	Renault Laguna.....	70
6.5.3	Unterschiede innerhalb der Bereiche	74
6.5.3.1	Renault Clio.....	74
6.5.3.2	Renault Laguna.....	75
6.5.4	Zusammenhang zwischen Explorationshäufigkeit und Gefallen.....	76
6.5.4.1	Renault Clio.....	77
6.5.4.2	Renault Laguna.....	78
6.6	ERGEBNISSE DER EYE-TRACKING DATEN	79
7	DISKUSSION.....	81
7.1	GENERELLE DISKUSSION	81
7.2	EINSCHRÄNKUNGEN, KRITIK UND AUSBLICK	85
8	LITERATURVERZEICHNIS	87
	ANHANG.....	93

THEORIE

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Methode zur Überprüfung von Relevanzen im Fahrzeuginnenraum. Auf den ersten Blick wird sich manch einer¹ vielleicht die Frage stellen inwieweit dieses Thema etwas mit Psychologie zu tun hat. Im Laufe der Arbeit soll daher aufgezeigt werden, wo die Psychologie im Design und in der Gestaltung von Produkten einen wesentlichen Beitrag leisten kann. Die Psychologie beschäftigt sich definitionsgemäß mit dem Verhalten und dem Erleben des Menschen (Gerrig & Zimbardo, 2008). Dieses findet grundsätzlich in Kontexten, also verschiedensten Umwelten, statt und ist eng mit diesen verbunden, wenn nicht davon determiniert. Das bedeutet, man verhält sich oder erlebt nicht ohne Grund. Wenn man sich beispielsweise ärgert (Erleben) oder flucht (Verhalten), gibt es dafür einen Grund, wie z.B. die subjektiv scheinbare Unmöglichkeit einen Videorecorder zu programmieren. Die wissenschaftliche Disziplin, die sich mit eben dieser Interaktion zwischen Mensch und Maschine und ihren Folgen beschäftigt, ist die Ergonomie. Das Spannende an dieser Disziplin ist, dass sie als Bindeglied zwischen dem Menschen auf der einen und der Technik auf der anderen Seite interdisziplinär ausgerichtet ist und daher sowohl der technischen wie auch der psychologischen Grundlagen bedarf. Genau dieses Feld bietet die Grundlage für diese Arbeit. Es soll eine Methode zur Beobachtung und Beschreibung von Verhalten und Erleben im Kontext von Produktwahrnehmung, im Speziellen eines Fahrzeuginnenraums, vorgestellt werden, die den Menschen in den Mittelpunkt der Forschung stellt. Des Weiteren sollen beispielhaft ein paar Fragestellungen, die sich durch die Anwendung dieser Methode ergeben und beantworten lassen, besprochen werden:

- Welche Bereiche sind in Autoinnenräumen für Personen relevant, welche weniger?
- In welcher Beziehung stehen relevante Bereiche zum Gefallen?
- Unterscheiden sich Versuchspersonengruppen in der Exploration von Autoinnenräumen oder in der Präferenz für bestimmte Bereiche?

Anhand von gleichzeitiger Aufzeichnung der Aktionen der Personen mittels Videokameras und Messung der Blickbewegungen mittels mobilem Eye-Tracking sollen

¹ Aus Gründen des Schriftbildes und der Lesbarkeit, wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum (wie hier) oder das generische Femininum (wie bei *Versuchsperson*) für die Bezeichnung von Personen beiderlei Geschlechts gewählt. Es seien bei diesen Bezeichnungen ausdrücklich beide Geschlechter angesprochen.

die visuelle und haptische Komponente einer Erfahrung und Evaluation eines Autoinnenraums erfasst werden und die sich daraus ergebenden Fragen überprüft und beantwortet werden. Aufgrund des Umfangs und der Komplexität des Versuchsaufbaus und Ablaufs wurde die Erhebung von zwei Versuchsleitern – von Andrea Berger und mir – durchgeführt. Um die Aufarbeitung der entstandenen Daten später in zwei Abschlussarbeiten aufzuteilen, wurde die visuelle Komponente der Untersuchung, also die Eye-Tracking Daten, von Andrea Berger ausgewertet und in einer Diplomarbeit mit dem Titel *Topographical maps for detecting relevance fields in car interiors - an eyetracking approach* (2010) verarbeitet. Gegenstand dieser Arbeit sind die Kameraaufzeichnungen. Aufgrund dieser Trennung liegt der Hauptfokus dieser Arbeit auch auf der haptischen Komponente der Interaktion. Es werden jedoch in einem Extrakapitel die Ergebnisse der visuellen Modalität aufgezeigt und in der Diskussion gemeinsam mit den Ergebnissen der haptischen Modalität besprochen.

In dieser Arbeit wird häufig von der Exploration (des Innenraumes, eines Elementes oder eines Bereiches) gesprochen. Daher soll kurz eingeleitet werden, wie der Begriff hier aufzufassen ist. Nach dem Duden (Kraif, 2005) ist die Exploration eine Untersuchung und Befragung oder einer Nachforschung. Erstere Bedeutung, also die Befragung, wie sie beispielsweise in der psychologischen Diagnostik verwendet wird, entspricht nicht dem Verständnis, welches hier in der Arbeit angenommen wird. Hier ist eher letztere Bedeutung, also das Nachforschen, gemeint. In der Arbeit soll dieser Begriff für die Untersuchung der Umwelt durch die Person zum Zwecke des Informationsgewinnes genutzt werden, also um etwas über das zu Explorierende zu erfahren.

Zuerst jedoch soll aber im theoretischen Teil die technische und designbezogene Basis für die Gestaltung von Autoinnenräumen präsentiert werden. Diese beruht sowohl auf Normen und Richtlinien, als auch auf gestalterischen Freiheiten. Des Weiteren werden die Methoden der Automobilhersteller zur Überprüfung ihrer Produkte kritisch betrachtet. Es soll aber auch ein Überblick gegeben werden, wie Personen in Interaktion mit Objekten, in diesem Falle einem Fahrzeuginnenraum, treten und wie die Qualität von Objekten erfasst werden kann.

2 Automobildesign

Automobile entstehen in einem Spannungsfeld zwischen Wirtschaft, Technik und Design. Die wirtschaftliche Vorgabe ist es, ein Fahrzeug zu entwickeln, welches einen Gewinn bzw. keinen Verlust bringt. Auf der Basis dieser Vorgaben haben die Automobilingenieure die Aufgabe ein funktionierendes System zu entwickeln, welches Anforderungen der rechtlichen Grundlagen (Normen) und dem aktuellen Stand der Technik genügt. Die Automobildesigner stehen vor der Aufgabe ein Design zu entwerfen, welches potenzielle Käufer anspricht und einen Anreiz bietet das Fahrzeug zu kaufen (Braess & Seiffert, 2007a). Daneben gelten nach Kraus (2007) noch folgende Vorgaben für die Designer:

- Das Design muss zum Zeitpunkt der Markteinführung (in mehreren Jahren(!)) zeitgemäß sein.
- Die Form muss eine gewünschte Aussage transportieren (z.B.: Sportlichkeit, Luxus).
- Das Fahrzeug soll im Sinne der Corporate Identity des Herstellers gestaltet sein.
- Alle technisch-wirtschaftlichen Gesichtspunkte müssen beachtet werden.
- Gesetzliche Vorschriften müssen beachtet werden.
- Die Aerodynamik muss in die Gestaltung mit einbezogen werden.

Bis auf den letzten Punkt treffen diese Vorgaben auch auf das Design des Innenraums zu.

Wichtig für das Verständnis der Aufgabe von Automobildesignern ist auch die grundsätzliche Definition von Design. Design beinhaltet nicht nur die Formgebung des Fahrzeugs, dies wäre der Begriff des Stylings, sondern auch die Funktion und die Fertigungsaspekte des Fahrzeugs und der Einzelteile (Kraus, 2007).

Das Design ist heute ein zentraler Bestandteil bei der Entwicklung von Automobilen. Mittlerweile haben die Autohersteller eigene Designabteilungen, die allein für die optische Gestaltung der Teile verantwortlich sind (Braess & Seiffert, 2007b). Da die Funktionalität verschiedener Marken durch ähnliche Zulieferer und zunehmende Ausreizung der technischen Möglichkeiten nahezu ident ist, müssen sich die Marken und Modellserien der Hersteller in anderen Bereichen unterscheiden. Die beste verbleibende Möglichkeit bietet hier das Design des Außen- und Innenraums (Braess & Seiffert, 2007b; Carbon & Leder, 2005; Die inneren Werte zählen, 2006; Schlott, 2007). Im Innenraum geht es vor allem darum die Spielräume der Anordnung der Elemente und des Transports der Funktionen auszureizen. Spielräume deshalb, da es erstens technische Voraussetzungen (Normen, Vorschriften, Machbarkeit) und andererseits menschliche

Voraussetzungen (sog. *human factors*, wie Aufmerksamkeitsressourcen und Wahrnehmungsschwellen) gibt. Gute Innendesigns unterscheiden sich von schlechten dadurch, dass letztere zwar die grundlegenden Limitierungen beachten, somit durch Normen und rechtliche Voraussetzungen Schädigungsfreiheit gegeben ist, doch die Gebrauchstauglichkeit, die sog. *usability*, vernachlässigen.

2.1 Die Gestaltung des Fahrzeuginnenraums

In diesem Abschnitt sollen die Voraussetzungen und Erfordernisse für einen guten Innenraum dargestellt werden. Im darauffolgenden Abschnitt wird dann gezeigt mit welchen Methoden diese Voraussetzungen überprüft werden und daraus neue Erkenntnisse gewonnen werden.

Im Innenraumdesign besteht nach Braess und Seiffert (2007b) gestalterisch ein Spannungsfeld zwischen:

- Gesetz
- Sicherheit
- Ergonomie
- Antrieb
- Stauraum
- Design
- Platzbedarf der Komponenten und Systeme

Die erste zentrale Frage bei der Gestaltung von Innenräumen ist der veranschlagte Platz für die Insassen (Braess & Seiffert, 2007b). Diese Frage wird meist durch die Vorgabe der Autoklasse (z.B.: Kleinwagen, Mittelklasse) auf einen gewissen Spielraum eingeschränkt. Generell erfolgt der Aufbau von Autos von innen nach außen. Das Ziel ist ein angenehmes Raumgefühl zu erzeugen und den Innenraum innerhalb der Außenmaße einzubetten. Die Raumgeometrie soll den subjektiven und den objektiven Anforderungen (Tab. 2.1) entsprechen (Braess & Seiffert, 2007b).

Tab. 2.1: Anforderungen an das Innendesign (nach Braess & Seiffert, 2007b)

Objektive Anforderungen	Subjektive Anforderungen
Ergonomie	Optik
Thermik	Olfaktorik
Sicherheit	Haptik
Akustik (Lautstärke)	Akustik (Klangfarbe)

2.1.1 Gesetzliche Richtlinien und Normen

Im oberen Abschnitt wurde bereits das Spannungsfeld zwischen der gesetzlichen Grundlage und der künstlerischen Freiheit erwähnt. Nun soll in diesem Unterkapitel beschrieben werden, welche rechtlichen Vorgaben beim Design von Autoinnenräumen bestehen und welche Normen zur besseren Gestaltung dieser existieren.

2.1.1.1 Gesetze

Einerseits existieren im Automobilsektor Richtlinien, die von der EU erarbeitet wurden (sog. EG-Richtlinien) und Einzug in nationales Recht gefunden haben (in Deutschland in die Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (STVZO), in Österreich ins Kraftfahrzeuggesetz (KFG 1967)). Die Gesetze regeln grundlegende Elemente der im Straßenverkehr zugelassenen Fahrzeuge, um zu vermeiden, dass im Verkehrsbetrieb niemand geschädigt wird und die Fahrzeuginsassen bei Unfällen möglichst wenig geschädigt (verletzt) werden (Braess & Seiffert, 2007b). Somit müssen sich die Hersteller zwangsweise diesen Gesetzen anpassen, um die Zulassung des neuen Modells zu sichern.

Wichtige Gesetze im Bezug zum Fahrzeuginnenraum:

- STVZO § 30 (StVZO: Beschaffenheit der Fahrzeuge)² – Diese regelt einerseits die Unfallvorbeugung und andererseits die Unfallfolgenmilderung im Bezug zu Einzelteilen im Fahrzeuginnenraum.
- STVZO § 38 (StVZO: Lenkeinrichtung)³ – Diese regelt die Beschaffenheit der Lenkung zum sicheren Führen des Fahrzeug und zur Milderung von Unfallfolgen. Hier ist auch die Grundlage dafür verankert, dass z.B. das sog. Gullwing Lenkrad des KITT aus der Serie Knight Rider für den deutschen Straßenverkehr nicht zugelassen ist.
- STVZO § 39a (StVZO: Betätigungseinrichtungen, Kontrollleuchten und Anzeiger)⁴ – „(2) Die in Kraftfahrzeuge nach § 30a Abs. 3 eingebauten Betätigungseinrichtungen, Kontrollleuchten und Anzeiger müssen eine Kennzeichnung haben, die den im Anhang zu dieser Vorschrift genannten Bestimmungen entspricht.“ (aus STVZO §39a)

Die hier angeführten *Bestimmungen aus dem Anhang* sind aus der EG-Richtlinie 78/316/EWG⁵ entnommen und regeln genau, mit welchen Symbolen die Anzeiger und Kontrollleuchten zu versehen sind und welche Farben dafür genutzt werden müssen.

² URL: <http://bundesrecht.juris.de/stvzo/index.html#BJNR012150937BJNE008107308> (vom 16.11.2009)

³ ebd.

⁴ ebd.

⁵ URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31978L0316:DE:NOT> (vom 16.11.2009) Anm.: Die Darstellung der Symbole ist leider nur in den PDF-Dokumenten der Richtlinie vorhanden, welche wiederum nur in einigen Sprachen vorliegen.

2.1.1.2 Normen

Neben den Gesetzen existieren Normen, die über das Gesetz hinaus Grundlagen, den aktuellen Stand der Technik und eine sog. *best practice* vermitteln. Diese Normen gehen meist von internationalen und europäischen Normengremien, dem ISO (*International Organization for Standardization*) und dem CEN (*Comité Européen de Normalisation*) aus und halten, wie bei den Gesetzen auch, Einzug in die nationalen Normen Deutschlands (DIN) und Österreichs (ÖNORM). Ob eine nationale Norm auf einer internationalen Norm beruht, ist aus dem Namen der Norm erkennbar. Vor allem im Automobilsektor ist auch das Normenkomitee der *Society of Automotive Engineers* (SAE) zu nennen, da deren Normen ebenfalls einen großen Einfluss auf das Normierungsgeschehen in Europa haben. Da viele internationale Normen in den deutschen Normen (DIN) enthalten sind, vor allem aufgrund dessen, dass Deutschland als großer Automobilhersteller einen Bedarf an diesen Normen hat, werden die Ausführungen hauptsächlich auf diese beschränkt. Es sei hier noch angemerkt, dass eine Norm im Allgemeinen nicht rechtlich bindend ist, sondern nur eine Übereinkunft von den von der Norm betroffenen Parteien innerhalb des Normengremiums darstellt (Braess & Seiffert, 2007b). Dies bedeutet aber nicht, dass einzelne Normen nicht Grundlage für spätere Gesetze sein können. Generell dienen Normen zu folgenden Zwecken (Braess & Seiffert, 2007b):

- Sie erleichtern die Kommunikation unter Experten, da die Begriffe klar definiert werden.
- Sie erlauben einen Vergleich von Messwerten, da die Untersuchungen nach standardisierten Methoden durchgeführt werden und klar dokumentiert sind um eine Replizierbarkeit zu gewährleisten.
- Sie ermöglichen eine Serienfertigung von Elementen, da die Abmessungen genau festgelegt sind.
- Durch die Festlegung und Publikation genauer Maße können die Bauteile verschiedener Hersteller, die sich der Norm verpflichtet haben, untereinander ausgetauscht und ersetzt werden, da sichergestellt ist, dass diese dieselben Maße aufweisen.

Wichtige Normen im Bezug zum Fahrzeuginnenraum:

- DIN 70020-1 (SAE: Devices for use in defining and measuring vehicle seating accommodation) (sowie der neue Entwurf dieser Norm von 07.2006): Diese gibt einen Überblick über die grundlegenden Abmessungen im Fahrzeuginnenraum. Unter Zuhilfenahme der generellen Abmessungen des menschlichen Körpers, der sog. Anthropometrie, werden kritische Längen bestimmt. Kritische Maße bei der Messung sind die Augenhöhe, die Armlänge und die Fußlänge. Aus diesen Maßen wird dann der sog. H-Punkt (= Hüftpunkt) errechnet. Mittels einer Modell-

puppe (H-point manikin), die in der SAE J 826 Norm (SAE: Devices for use in defining and measuring vehicle seating accommodation) standardisiert ist, können nun diese Maße im Innenraum überprüft werden (siehe Abb. 2.1).



Abb. 2.1: H-point manikin (nach SAE J 826)⁶

- DIN ISO 3958 (DIN: Straßenfahrzeuge, Personenkraftwagen, Handreichweiten des Fahrzeugführers): Hier sind die mittleren Reichweiten von verschiedenen Geschlechtsverteilungen aus einer Stichprobe im Zusammenhang mit verschiedenen Innenraumkonstruktionen aufgelistet. Als Illustration ist hier die Handreichweite von 95% einer Geschlechtsverteilung von 50%:50% Männer und Frauen und einer sog. Führersitzkonstanten (berechnet sich aus bestimmten Innenraumabmessungen) von $G < -1.25$ abgebildet (Abb. 2.2).

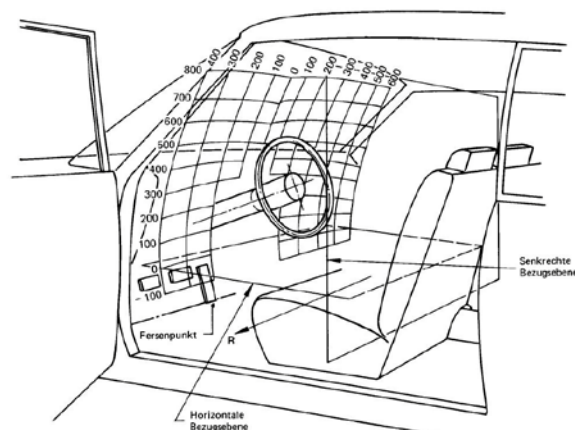


Abb. 2.2: Handreichweiten-Hüllfläche (nach DIN 3958 DIN: Straßenfahrzeuge, Personenkraftwagen, Handreichweiten des Fahrzeugführers)

⁶ Bildquelle: http://www.bmpcoe.org/bestpractices/internal/sae/grf_sae_08.html (vom 16.11.09)

- ISO 4040 –(ISO: Road vehicles: Location of hand controls, indicators and tell-tales in motor vehicles): Die ISO 4040 ist eine international Norm, die sinngemäß Teile der DIN 3958 beinhaltet, doch sie geht darüber hinaus, indem der Innenraum nach Handreichweite in Zonen aufgeteilt wird. Es wird festgelegt, welche Kontrollelemente für welche Zone essentiell sind, um sie sicher bedienen zu können. Daneben wird auch noch auf die Kombination von Funktionen bei multifunktionalen Steuerelementen eingegangen.

Durch die Gesetze und Normen soll der Grundstein zur sicheren Gestaltung von Fahrzeugen gelegt werden, vor allem die Normen versuchen über die unmittelbare Schädigungsfreiheit (Ergonomie) hinaus noch eine Benutzerfreundlichkeit (*usability*) zu sichern. Der Nachteil, den eine Normierung mit sich bringt, ist, dass die Freiheit in der Gestaltung eingeschränkt wird. Dies ist den Normengremien durchaus bewusst, daher wird auch versucht die Normen im Diskurs mit alle Beteiligten zu erstellen und wo es geht Freiheiten zu gewähren.

2.1.2 Zentrale Bereiche

Nach Braess und Seiffert (2007b) lässt sich der Innenraum eines Fahrzeugs in sechs Module gliedern. Bei der Aufzählung der Bedienelemente wird von der häufigsten Konfiguration ausgegangen. Einzelne Fahrzeugtypen oder –marken können durchaus bestimmte Bedienelemente an anderen Positionen haben (beispielsweise ist die Feststellbremse bei Modellen der Marke Mercedes Benz in Form eines Fußpedals ausgeführt).

- 1) Cockpit (siehe Abb. 2.3): Es umfasst die primären (am Lenkrad) und sekundären (Mittelkonsole, Tunnelkonsole) Anzeigen und Bedienelemente. Dazu gehören u.a. die Instrumente (Geschwindigkeitsanzeiger, Drehzahlmesser), das Radio, die Lichtschalter und die Klimaanlage. Im Cockpit befinden sich auch Stauräume, wie das Handschuhfach und optionale Fächer in der Mittelkonsole oder in der Tunnelkonsole. Letztere beherbergt neben dem Schaltknauf und der Handbremse neuerdings auch Telekommunikationselemente oder Multifunktionselemente (siehe Punkt 2.1.3.1). Die Materialauswahl der einzelnen Bereiche im Cockpit ist äußerst vielfältig und bietet viele Designmöglichkeiten. Sicherheitsbestimmungen geben Richtlinien für die Konstruktion der Elemente vor, schränken aber die Auswahl des Materials wenig ein.

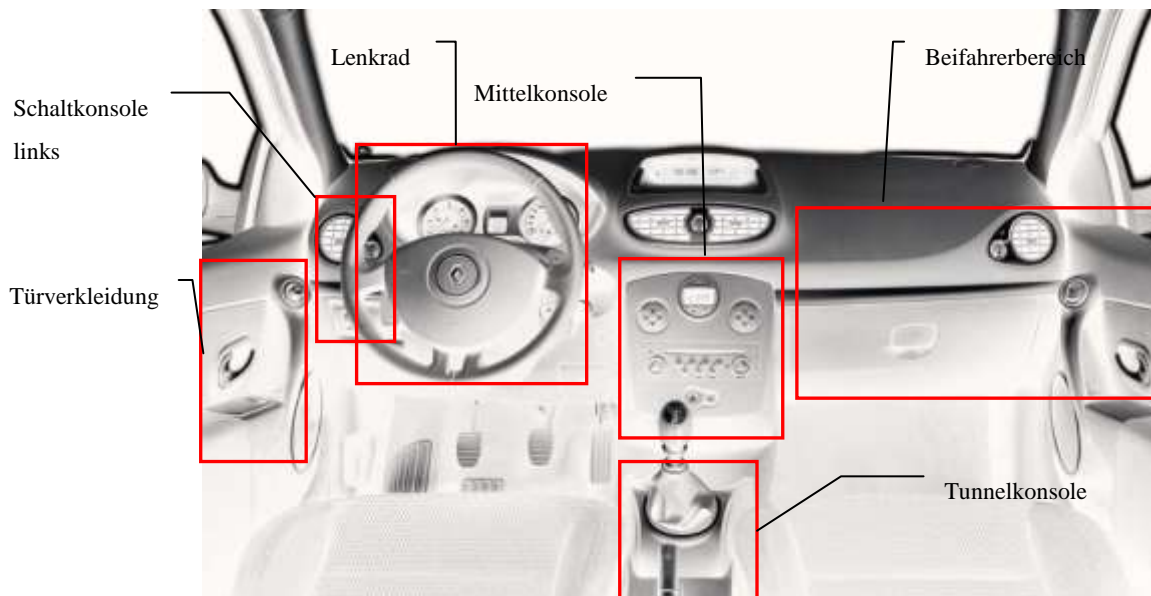


Abb. 2.3: Zentrale Bereiche des Cockpits

- 2) Sitze: Da der Sitz der zentrale Kontaktpunkt zwischen Fahrer und Fahrzeug ist, liegt bei dessen Konstruktion das Hauptaugenmerk am Komfort bzw. an der größtmöglichen Verstellbarkeit der Sitzposition durch zahlreiche Einstellmöglichkeiten. Grundlage für die Gestaltung von Sitzen ist die generelle Abmessung des menschlichen Körpers, die sog. Anthropometrie (siehe unten).
- 3) Tür- und Seitenverkleidung: Diese beinhaltet weitere Bedienelemente wie den Fensterheber, den Türöffner oder die Spiegelsteuerung und Komfortelemente wie die Lüftung oder Lautsprecher. Die Seitenverkleidung ist vor allem bei höherwertigen Fahrzeugen an der Türverkleidung angebracht und in einem anderen Material gefertigt als die Türverkleidung.
- 4) Dachhimmel und Säulenverkleidung: Neben der Aufgabe der Abdeckung des Autos nach oben und der Schalldämmung sind am Dachhimmel die Sonnenblende und die Beleuchtung des Innenraums samt Rückspiegel angebracht. In der Säulenverkleidung, die den Dachhimmel mit dem restlichen Fahrzeug verbindet, befinden sich die Gurte und evtl. Luftkanäle.
- 5) Gepäck- und Laderaum: In letzter Zeit entwickelte sich ein Trend zur zunehmenden Multifunktionalität des Laderaums mit zahlreichen Beladungsmöglichkeiten (Ösen, elektrische Öffnung,...).
- 6) Bodenverkleidung: Diese soll den Innenraum von der darunterliegenden Karosserie und den Kabelkanälen trennen und ist durch die schalldämmenden Eigenschaften ein zentraler Bestandteil für die Akustik.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Gestaltung des Innenraums eine große Freiheit an Farben, Formen und Materialien zulässt. Die Unterschiede zwischen den Preissegmenten bestehen meist nur in den Oberflächenmaterialien, teilweise auch in höherwertigen Aufbaumaterialien, die sich aber meist durch ein geringeres Gewicht abheben.

Da die Gestaltung der Anzeigen und Bedienelemente ein Hauptpunkt bei der Gestaltung des Autoinnenraums ist und diese auch am intensivsten untersucht werden (z.B.: Prynne, 1995, zitiert nach Burnett & Porter, 2001; Jindo & Hirasago, 1997), sollen die Ergebnisse der Literatur dazu in einem eigenen Unterkapitel abgehandelt werden.

2.1.3 Anzeigen und Bedienelemente

Das Hauptziel der Innenraumgestaltung ist eine optimale Beanspruchung des Fahrers (Braess & Seiffert, 2007b). Um dies zu erreichen müssen zahlreiche Faktoren beachtet werden und Anforderungen erfüllt werden. Dass die Normen alleine als Gestaltungskriterium nicht ausreichen, zeigt eine Untersuchung von Hallen (1997). Es ergab sich, dass die maximalen Handreichweiten nicht unbedingt den optimalen Reichweiten, welche meist 10 – 20 cm darunter liegen, entsprechen. Dieser Befund demonstriert ebenfalls, dass die Normen zwar eine Basis für die Konstruktion bereitstellen, die eine grundlegende Benutzbarkeit gewährleisten, doch ein Komfort in der Bedienung ist dadurch nicht notwendigerweise gegeben.

Eine spezielle Stellung innerhalb der Anzeigen nehmen die sog. Instrumente ein. Diese heben sich von den Infotainment-Anzeigen durch die räumliche Trennung ab, indem sie sich innerhalb von 30° des Blickfelds des Fahrers in Sehrichtung befinden. Die Hauptaufgabe der Instrumente ist die Anzeige der Fahrzeugzustände, wie Geschwindigkeit, Drehzahl oder Warnmeldungen. Sie befinden sich meist auf einer Tafel hinter dem Lenkrad (Braess & Seiffert, 2007b).

Zur Gestaltung von Anzeigen und Bedienelementen in Innenräumen beschreibt Färber (2006) eher allgemein gehaltene Kriterien. Neben dem bereits erwähnten Hauptkriterium der optimalen Beanspruchung des Nutzers, gibt er folgende Unterkriterien an:

- Selbsterklärungsfähigkeit der Elemente: Diese ist teilweise von der Erfahrung der Nutzer abhängig, große Sprünge in der Entwicklung sind meist nur bei der Einführung neuer Modelle möglich (z.B. hatte das iDrive System von BMW anfänglich mit großem Widerstand zu kämpfen)
- Erreichbarkeit: Elemente sollten im optimalen Griff und Sehfeld des Fahrers liegen.

- Kompatibilität zwischen Betätigung und Wirkung: Eine horizontale Ausrichtung von Schaltern entspricht einer schlechten Kompatibilität zwischen Betätigung und Wirkung. Eine vertikale Ausrichtung ist hier besser, da eine Bewegung nach oben den Zustand *ein* oder eine Zunahme ausdrückt. Da aber das Armaturenbrett breiter als hoch ist, sind vertikale Elemente schwer unterzubringen. Die Lösung bieten hier Drehregler.
- Wohlunterscheidbarkeit: Idealerweise sollte das Innendesign stimmig und konsistent aufgebaut sein, dies läuft aber der Unterscheidbarkeit zuwider. Eine wiederentdeckte Lösung ist die Haptik der Elemente. Durch unterschiedliche Oberflächen können Elemente ohne Blickzuwendung unterschieden werden, was beim Fahren weniger Aufmerksamkeit auf sich zieht.
- Unterbrechbarkeit: Aktionen im Auto müssen jederzeit unterbrechbar und später wieder aufnehmbar sein (es sind daher nur kurze Aktionen möglich). Dies verhindert, dass zu viel Aufmerksamkeit gebunden wird.
- Sparsamkeit: Zu viele Möglichkeiten und Funktionen überfordern den Fahrer, sparsame Architekturen sind auf dem Vormarsch. Anleihen aus der Computertechnik (häufig gewählte Alternativen in erster Ebene, selten benutzte in unterer Ebene) können hier einen Beitrag leisten.

Neben diesen Kriterien gibt es in der Literatur noch einige weitere sog. *guidelines* zur Gestaltung von Bedienelementen in Fahrzeugen, die meisten sind aus der generellen Schalterergonomie-Forschung entlehnt und laufen auf ähnliche Faktoren hinaus (siehe z.B.: Green, Levison, Paelke, & Serafin, 1995).

Die optimale Platzierung der Schalter lässt sich, neben den Forderungen zur Platzierung innerhalb der Reichweite des Fahrers, noch viel genauer eingrenzen. In Eye-Tracking Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die kürzeste Blickabwendung vom Fahrgeschehen durch eine Positionierung nahe bei der gewohnten Blickrichtung auf die Straße erreicht wird (Wikman, Nieminen, & Summala, 1998; Zwahlen, Adams, & Debal, 1988). Ergebnisse von Dukic, Hanson, Holmqvist und Wartenberg (2005) zeigen eher, dass die Position mit der kürzesten Blickzuwendung eher in einem mittleren Abstand zum Blickfeld liegt. Bei zu nahen Schaltern liegt die Straße noch im peripheren Sehbereich, dies führt zu einer erhöhten Blickzuwendungsdauer, aufgrund einer erhöhten subjektiven Sicherheit, da man teilweise noch die Straße im Blickfeld hat.

Die Herausforderung bei der Gestaltung von Interaktionselementen zwischen Fahrzeug und Fahrer besteht darin, die sich in den letzten Jahren vervielfachenden Funktionen und Steuerungen so einzubauen, dass der Fahrer in der Steuerung nicht überfordert wird (Bessere Ergonomie, 2003; Braess & Seiffert, 2007b; Fromm, Cerhak, & Hamberger, 2002; Jeitner, Küchler, & Schaare, 2005). Im folgenden Kapitel soll nun das Problem der Multifunktionalität erklärt und Lösungsvorschläge präsentiert werden.

2.1.3.1 Lösung und Anwendung der Multifunktionalität am Beispiel von BMW

Die neuen Technologien, seien dies nun Navigationsgeräte, Reifendrucksensoren oder Multimediaanlagen, müssen so integriert werden, dass eine komfortable und aufmerksamkeitschonende Nutzung ermöglicht wird (Braess & Seiffert, 2007b). Generell zeigen sich ein Anstieg der vollständigen Informiertheit des Fahrers und ein Anstieg an nicht primär zum Fahren gehörigen Funktionen (Braess & Seiffert, 2007b; Fromm, et al., 2002). Um die Anzahl der Bedienelemente trotz steigender Anzahl an Funktionen gleich zu halten oder zu reduzieren, werden meist multifunktionale Anzeigen und Bedienelemente verwendet. Das bedeutet, dass mittels eines Schaltelements mehrere Funktionen steuerbar sind. Dies birgt aber wiederum die Gefahr der Überforderung des Fahrers aufgrund der erschwerten Navigation und des Anwählens von Menüpunkten (Bessere Ergonomie, 2003; Braess & Seiffert, 2007b; Fromm, et al., 2002; Jeitner, et al., 2005). Um die visuelle Aufmerksamkeit des Fahrers nicht übermäßig zu beanspruchen sollte auch eine haptische Komponente in das Design mit einfließen. Durch haptische Codierung der Elemente, wie durch unterschiedlich raue Schaltoberflächen oder durch Drehwiderstände bei Drehreglern, kann die Bedienung nach Eingewöhnung ohne Blickzuwendung erfolgen (Abel, Meier-Arendt, & Willnauer, 2005; Braess & Seiffert, 2007b; Färber, 2006). In europäischen Fahrzeugmodellen wird daher die Multifunktionalität meist mittels eines zentralen mechanischen Schalters, der im optimalen Griffeld (um die Armauflage) platziert ist, gelöst (Braess & Seiffert, 2007b; Jeitner, et al., 2005). Dieser erlaubt in einem auf einem zentralen Bildschirm sichtbaren Menü zu navigieren und bietet durch Drehwiderstände Feedback über die getätigten Aktionen (Braess & Seiffert, 2007b). Bezüglich der Vorteile und Nachteile solcher Elemente und Displays sei der interessierte Leser auf die Publikation von Braess und Seiffert (2007b) verwiesen. Die Zukunft der Bedienung in Autoinnenräumen liegt sowohl in der vermehrten Nutzung von haptischer Codierung als auch in der Entwicklung von Spracherkennungssystemen. Zweiteres ist zur Zeit noch zu fehleranfällig um sicher benutzbar zu sein (Braess & Seiffert, 2007b; Färber, 2006).

BMW hat mit seinem iDrive System, welches 1999 in einem BMW Z9 Showcar zum ersten Mal vorgestellt (Bernstein, Broecker, Marz, & Robin, 2001) und dann konsequent weiterentwickelt wurde, ein System eingeführt, welches durch eine Kombination aus Controller und Display zahlreiche Funktionen steuerbar macht (siehe Abb. 2.4). Das Prinzip von BMW ist es, die Funktionen im Innenraum nach Wichtigkeit, Relevanz und Verwendungshäufigkeit zu ordnen.

- Die fahrrelevanten Informationen sollten auf der ersten Ebene und im unmittelbaren Greif- und Sichtbereich des Fahrers liegen. Bedienelemente sollten ohne Blickzuwendung sofort zugeordnet werden können.
- Auf der zweiten Ebene folgen Komfortfunktionen, die schnell auffindbar sein sollen. Diese werden durch gut erreichbare Schalter und Drehregler ausgeführt.

- Auf der dritten Ebene befinden sich Feineinstellungen der Komfortfunktionen und nicht permanent benötigte Funktionen. Hier ist eine flexible Bedienung mittels Bildschirm und Menü möglich. Dazu bietet sich vor allem das iDrive System an (nach Bernstein, et al., 2001).

Der Controller ist in der Mitte in der Tunnelkonsole und ist so designt, dass er allein haptisch bedient werden kann (Rückmeldung durch *force feedback*). Die Aktionen werden außerdem durch eine visuelle Rückmeldung am Display angezeigt. Die Menüstruktur ist nach geografischer Richtung gestaltet, sodass die Funktionen am linken oberen Bildschirmrand durch eine Bewegung des iDrive-Controllers nach links oben anwählbar sind. Nach Dukic et al. (2005) ist die beste Position eines Multifunktionscontrollers in der Nähe des Schalthebels, da aufgrund der eingeübten Bewegung zum Schalthebel die Bewegung zum Controller ebenfalls leicht fällt und somit ohne Blickzuwendung erfolgen kann.



Abb. 2.4: aktueller BMW iDrive Controller und Bildschirm (Quelle: www.bmw.at)

Bei Einführung der ersten Version des iDrive Systems ging BMW dazu über, sich vom fahrerzentrierten Cockpit zu verabschieden. Als Hauptgrund wurde vor allem genannt, dass die Fahrerzentrierung und die somit bessere Erreichbarkeit aller Schalter durch die Reduzierung auf ein zentrales Multifunktionselement obsolet wurde (Fuchs, Herrler, Peters, Spreng, & Zeller, 2001). Auch wurde argumentiert, dass die Fahrerzentrierung den Innenraum zu sehr einengt (Fuchs, et al., 2001). Es scheint als ob BMW den Innenraum eher als Lebensraum, denn als Arbeitsbereich, definieren wollte. Nachdem dieses Vorgehen vor allem bei den Stammkunden auf herbe Kritik stieß (BMW 7er, Modell F01/F02, 2008), wurde das fahrerzentrierte Cockpit im BMW 7er Ende 2008 in der Generation F01 wieder eingeführt. Die Fahrerzentrierung und somit die Wichtigkeit der vollen Informiertheit und einfachen Bedienung aller Elemente durch den Fahrer wurde wieder hervorgehoben (Distler, Durach, Eckstein, Keinath, & Niedermaier, 2009). Je wichtiger eine Funktion für das sichere Führen des Fahrzeugs ist, desto näher soll die Funktion am Fahrer sein, hingegen können Komfortfunktionen so platziert werden, dass auch der Beifahrer diese problemlos bedienen kann (Distler, et al., 2009).

Nachdem nun ein Einblick in die Gesetze und Normen, sowie in die Grundlagen der Innenraumgestaltung gegeben wurde, soll nun besprochen werden, wie der Ablauf

eines Automobildesigns erfolgt und aufgrund welcher Ergebnisse Designentscheidungen getroffen werden.

2.2 Ablauf und Überprüfungsmethoden der Gestaltung von Fahrzeuginnenräumen

Aufgrund des hohen Grundpreises eines Automobils können Fehlinvestitionen und Designirrtümer besonders verheerende Folgen für den Hersteller haben. Daher versuchen sich die Firmen durch verschiedenste Modelltests und Prognosemodelle abzusichern. Da, wie schon oben erwähnt, nicht mehr die Technik, sondern das Design des Fahrzeugs der Hauptunterscheidungspunkt zwischen den Modellen ist, wird die Prognose über die Akzeptanz und die Zufriedenheit der Kunden immer wichtiger. Zu verschiedenen Zeitpunkten im Entwicklungsprozess sind verschiedene Methoden indiziert und werden daher bevorzugt eingesetzt.

Zu Beginn des Entwicklungsprozesses geht es meist nicht nur darum das Modell für die Kunden ansprechend zu gestalten, sondern vor allem die Ideen und die Konzepte der *stakeholder* zu berücksichtigen und zu validieren. Es muss also überprüft werden, ob das Konzept überhaupt richtig und sinnvoll umgesetzt wird. Durch Prognosemodelle und Kundenbefragungen wird versucht den Wunsch des Kunden zu erkennen (Dudenhöffer & Borscheid, 2004). Diese schon durchaus schwierige Aufgabe führt über technische Vorstudien zu einem sogenannten Konzeptpackage. Das Konzeptpackage ist eine Idee eines fahrfähigen Automobils, bei dem die Maße grob feststehen (siehe Abb. 2.5) (Braess & Seiffert, 2007b; Kraus, 2007).

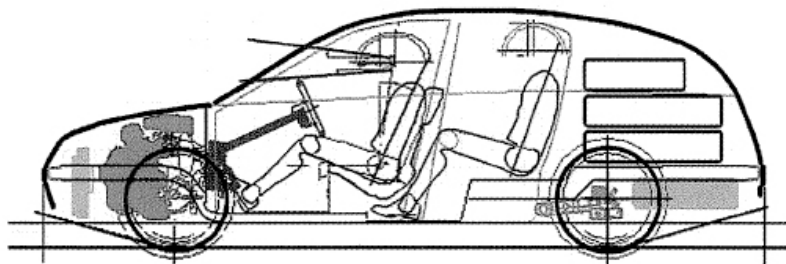


Abb. 2.5: Konzeptpackage (in Kraus, 2007)

Die groben Abmessungen sind einerseits vom Nutzungsschwerpunkt (Sportwagen, Familienwagen, ...) und andererseits von den Abmessungen der Menschen, der sog. Anthropometrie (siehe unten), abhängig. In der Definition des Packages sind die Details der Technik und des Designs sowie die Form der Karosserie noch nicht festgelegt (Kraus, 2007). Aufbauend auf dem Package begeben sich die Designer und Techniker parallel ans Werk um die Vorgaben umzusetzen. Zu diesem Zeitpunkt im Prozess sind vor allem Entwürfe und Skizzen die Evaluationsmethode der Wahl. Anhand dieser

treten die *stakeholder* miteinander in einen Diskurs über die weiteren Schritte. In den darauffolgenden Phasen werden im Designbereich immer konkretere Modelle (z.B. aus Schaumstoff, in letzter Zeit aber vor allem CAD-Modelle⁷) des Produkts gefertigt, die immer wieder modifiziert werden. Je mehr Details bekannt sind, desto mehr ähnelt das Modell einem fertigen Fahrzeug (Braess & Seiffert, 2007b).

Nun folgen die für diese Diplomarbeit zentralen und interessanten Phasen, da nun das konkrete Design des Innenraums modelliert und evaluiert wird. Dazu gibt es hauptsächlich zwei Methoden, die unterschiedliche Zielsetzungen haben und sich dadurch gegenseitig ergänzen. Bevor nun diese beiden Methoden vorgestellt werden, sei ein kurzer Exkurs erlaubt, der einen für die Methoden wichtigen Begriff erklärt, und zwar die Anthropometrie.

Anthropometrie

Die Anthropometrie ist sowohl die statische als auch dynamische Abmessung des Körpers (Eby & Kantowitz, 2006). Die statische Abmessung beschreibt die Größen der einzelnen Körperteile, die dynamische Abmessung beschreibt den Aktionsradius. Im Automobildesign hilft die Anthropometrie nach Eby und Kantowitz (2006) beim Design von:

- Schaltern: Wie weit dürfen diese entfernt sein?
- Displays: Wo ist das Sichtfeld des Fahrers?
- Sitzen: Sitzkomfort
- Sicht nach außen durch die Scheiben

Ein Problem hierbei ist die unterschiedliche Größe der Personen. Autos werden so designed, dass 95% der Menschen Platz finden. 95% bedeutet hier, dass im Bezug auf die Körpergröße die mittleren 95% der Bevölkerung Platz finden (Dewar, 2002). Somit passen die Innenmaße für 5% (= die 2,5% kleinsten und die 2,5% größten) der Bevölkerung nicht. Die Anthropometrie ist auch die Grundlage für die oben erwähnten Normen der DIN.

Die beiden Methoden zur Innenraumgestaltung, die auf der Anthropometrie aufbauen, sind die computergestützte Überprüfung des Innenraums mittels der Software RAMSIS und die behaviorale Überprüfung mittels einer sog. Sitzkiste.

⁷ CAD (Computer Aided Design)-Modelle sind (dreidimensionale) Modelle eines Bauteils, die komplett am Computer gestaltet sind. Diese können einfach und schnell verändert werden und virtuell rotiert werden.

RAMSIS

Der Innenraum soll also ergonomischen Grundlagen der Anthropometrie entsprechen, daher werden die Maße aus dem Konzeptpackage mittels einer speziellen Software überprüft. Das Ziel computergestützter Methoden ist es, den Menschen, sowohl von seinen physischen als auch psychischen (kognitiven) Möglichkeiten gesehen, zu modellieren und zu simulieren. Das bekannteste Softwarepaket hierfür (genutzt von 70% der Automobilhersteller (Van der Meulen & Seidl, 2007)), genannt RAMSIS (**R**echnergestütztes **A**nthropometrisches **M**athematisches **S**ystem zur **I**nsassen **S**imulation), simuliert daher ein 3D-Modell eines Menschen, der im Fahrersitz Platz nimmt. Die Abmessungen der einzelnen Körperteile sind entsprechend einer internationalen Datenbank für Körpermaße in der Software implementiert. Mittels dieser Software lassen sich einerseits die Einpassung des Fahrers in den Innenraum überprüfen und andererseits typische Bewegungen simulieren (siehe Abb. 2.6) (Braess & Seiffert, 2007b; Van der Meulen & Seidl, 2007). Das Programm ermittelt dazu die Körperabmessungen beim Ein- und Ausstieg oder beim Betätigen von Schaltern. Wichtige Maße sind die Reichweite der Arme, die für die Erreichbarkeit von Bedienelementen zentral sind. Weiters lässt sich das Blickfeld des Fahrers aus der Fahrerperspektive ermitteln. Durch den Einsatz dieser Software kann einfach eine Änderung einer bestimmten Abmessung überprüft werden und somit auf die teure, aufwändige und wenig flexible Modellierung von Hand verzichtet werden (Braess & Seiffert, 2007b).

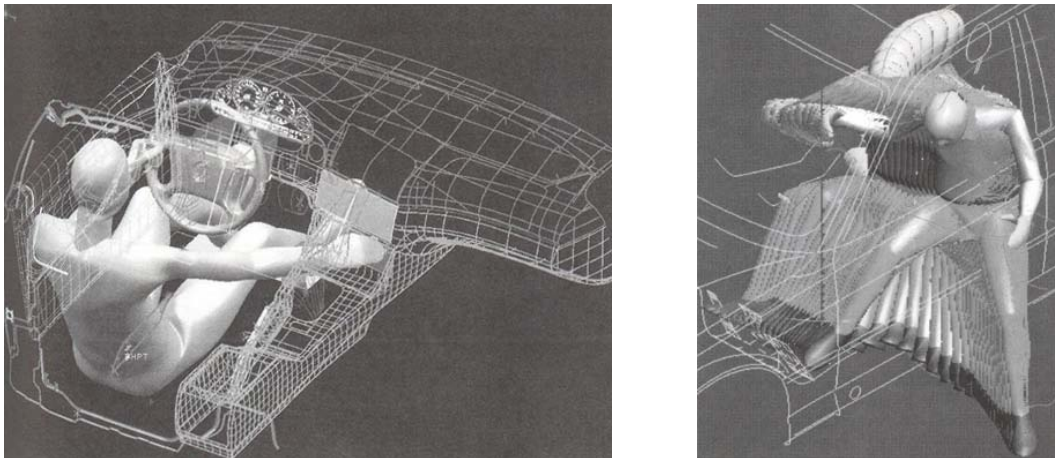


Abb. 2.6: RAMSIS Modellierung statisch (links) und dynamisch (rechts), nach Braess und Seiffert (2007b)

Sitzkiste

Diese dem ComputermodeLL sehr ähnliche Untersuchungsmethode zeichnet sich einerseits durch das reale Setting und die Möglichkeit der direkten haptischen Manipulation von Elementen, andererseits durch die Erfassung von Emotionen und Bewertungen aus. Während RAMSIS nur objektive Daten liefert (Van der Meulen & Seidl, 2007), also ob das Design den Normen entspricht, kann mittels der Sitzkiste der Kom-

fort ermittelt werden. Einsatzbereiche sind das Testen von Anzeigen- und Bedienlogik, der Haptik, des Materials und der Akustik. Testpersonen sind in erster Linie Experten und die Designer selbst, die hier die Konzepte und Skizzen in einem realen Modell verwirklicht sehen. Aber auch *naive* Testpersonen werden eingeladen, um durch ihre Bewertungen interessierende Fragestellungen lösen zu können. Die Messtechnik der Sitzkiste ähnelt dem Vorgehen einer sog. Car Clinic, diese ist aber spezielle auf die Untersuchungen von Fragestellungen mit *naiven* Versuchspersonen gestaltet.

Car Clinic

Der Begriff der Car Clinic bezeichnet ein Testlabor, in dem Untersuchungen mit neuen Prototypen und neuen Einzelteilen durchgeführt werden (Al-Sibai, 2004). Der Hauptunterschied zur Sitzkiste besteht darin, dass Car Clinics in nahezu jeder Entwicklungsphase eingesetzt werden können (siehe Abb. 2.7), dass die Fragestellungen präziser sind und dass die Auswahl der Testpersonen aus einer Stichprobe der Bevölkerung erfolgt, während die Sitzkiste meist nur von den Designern und Technikern selbst genutzt wird (Al-Sibai, 2004).

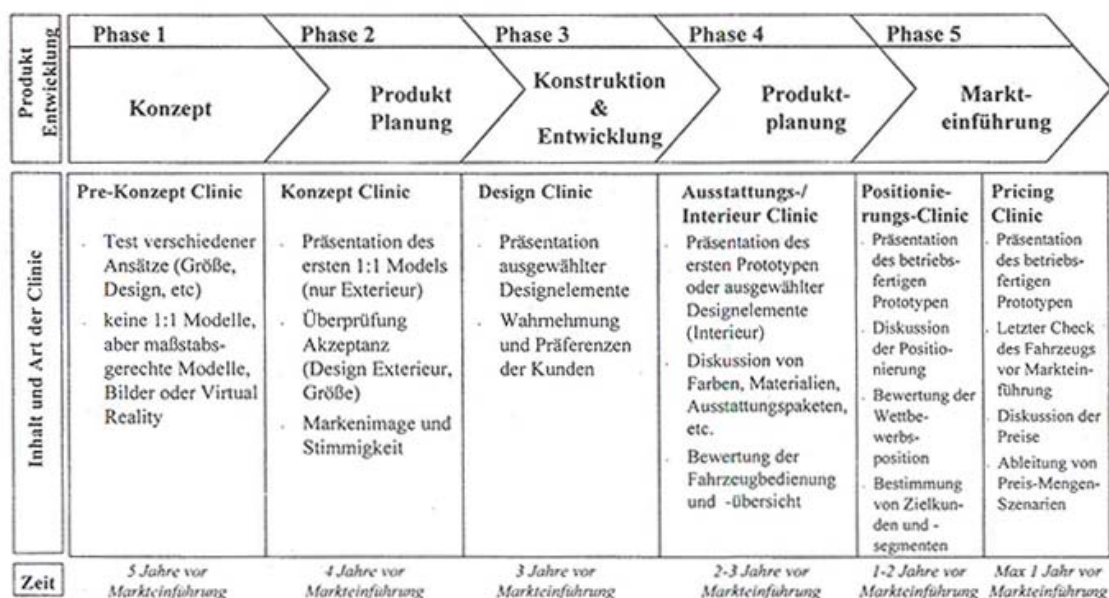


Abb. 2.7: Der Einsatz von Car Clinics (aus Al-Sibai, 2004)

Sowohl Braess und Seiffert (2007b) als auch Färber (2006) stehen der Nutzerbefragung in Car Clinics kritisch gegenüber. Sie kritisieren, dass die Komplexität des Konzepts die Befragten überfordert und aufgrund der langen Produktzyklen die Vorausagen häufig besondere Interpretation benötigen. Färber (2006) illustriert die Probleme mit dem Ergebnis einer Befragung, ob die Nutzer lieber weniger oder viele Funktionen und eine zentrale Steuereinheit oder mehrere separate Bedienungen wollten. Es zeigte sich dass 17% der Befragten eine Kombination aus vielen Funktionen und separaten Steuerungen wünschten, was objektiv am schlechtesten ist. Viele Nutzer wünschen sich

auch genormte Designs, um sich nicht immer umgewöhnen zu müssen. Dies läuft aber wiederum einer unverwechselbaren Markenidentität und einem Streben nach Neuerungen und Verbesserungen zuwider. Ebel und Hofer (2004) kritisieren vor allem die Bewertung des Designs durch die Nutzer und Kunden, da Designer genau dazu ausgebildet sind in die Zukunft zu sehen und zukünftige Designs zu entwerfen. Sie zitieren Chris Bangle sinngemäß, der anmerkt, dass es nicht zielführend ist, die Nutzer jetzt über das Design zukünftiger Modelle entscheiden zu lassen (Ebel & Hofer, 2004, S. 345). Andererseits müssen die potenziellen Käufer die Systeme, die sie evaluieren sollen, später nutzen. Es kann nicht das Ziel der Hersteller sein, darauf zu hoffen, dass die Nutzer bei der Einführung des Systems in ihrem technischen und interaktiven Wissen schon so weit fortgeschritten sind (zunehmende Technologisierung) dass sie das System dann verstehen. Karlsson, Aronsson und Svensson (2003) bieten eine Lösung für die Unsicherheit der Bewertung über längere Zeiträume an. Sie wenden eine Methode zur Messung von Eindrücken von Architektur von Küller (1972) auf die Bewertung von Autointerieurs an. Durch die detaillierte Bewertung der Interieurs kann genau festgestellt werden, welche der Designelemente in welcher Weise zur Bewertung beitragen und somit die Wahrnehmung und Bewertung des Gesamtdesigns verstehen. Ein weiteres Ergebnis, welches für den Einsatz von Versuchspersonen zur Überprüfung von Prototypen und Gestaltungsideen spricht, bringen Hayward, Becker, Brockmann, Nilsson und Sala (1996). Sie zeigen in ihrer Studie (Hayward, et al., 1996), dass die Akzeptanz und Zustimmung zu einem Anti-Kollisions-System viel höher war, nachdem die Personen das System live ausprobieren konnten im Vergleich zu einer schriftlichen Beschreibung des Systems. Des weiteren sei auf den RET (*repeated evaluation technique*) Effekt von Carbon und Leder (2005) verwiesen, nach dem sich zeigt, dass vor allem innovative Designs bei *one shot studies*, also bei Testungen ohne Messwiederholung, negativer bewertet werden, als wenn sie über einen längeren Zeitraum betrachtet und evaluiert werden. Dieser Effekt führt daher bei Testungen mit einem Testzeitpunkt zu systematischen Verzerrungen in der Bewertung und hat zur Folge, dass keine gesicherten Schlüsse auf die Bewertung möglich sind. Generell soll in der Kritik an den Car Clinics angemerkt werden, dass es zu unterscheiden gilt, ob das Gesamtkonzept bzw. das Design, oder die Funktion von Versuchspersonen bewertet wird. Im Design mögen die Kritikpunkte durchaus angebracht sein, doch die Funktionen und die Aufteilung von Elementen müssen einer kritischen Exploration und Bewertung durch Versuchspersonen standhalten um die Gebrauchstauglichkeit sicher zu stellen.

2.2.1 Kritik an den Methoden

Im Bereich des Software Designs und der Mensch-Computer-Interaktion spielt die Benutzerbeteiligung eine große Rolle und wird in verschiedenen Phasen des Produktzyklus eingesetzt um Rückschlüsse über den Fortschritt und eine Basis für weitere

Schritte zu erlangen (siehe Dahm, 2006, S. 314). Nach Durchsicht der Methoden ist man scheinbar in der Automobilbranche eher dazu übergegangen, den Menschen als fehleranfällig und wenig standardisierbar anzusehen und ihn daher in den meisten Entwicklungsphasen außen vor zu lassen. In einem Interview mit Guido Beier und Andreas Dobrowsky, zwei Psychologen, die sich auf die Bewertung der Gestaltung von Innenräumen spezialisiert haben, gibt Andreas Dobrowsky an:

„Nicht das technologisch Machbare, sondern das vom Kunden Gewünschte und Akzeptierte entscheidet über den Erfolg des Produkts. (...) Die Hersteller sind oft zu weit vom Kunden weg. Teils wissen sie noch viel zu wenig über die Akzeptanz ihres Produkts beim Kunden, teils treffen sie anhand vorliegender Daten nicht immer die psychologisch richtige Entscheidung.“ (Dem Wohlbefinden auf der Spur, 2004, S. 37)

Zwar werden in den Car Clinics durchaus Untersuchungen mit naiven Personen durchgeführt, doch diese überprüfen meist nur spezielle Detailfragestellungen (Abel, et al., 2005). Aufgrund der Ausrichtung als firmeninternes Messinstrument der Car Clinic ergeben sich zahlreiche Probleme. Der stark dominierende Aspekt der Produkt-, Gewinn- und Ergebnisorientierung in der Auftragsforschung ist kritisch zu sehen und dürfte nicht selten zu Fehlinterpretationen und falschen Ergebnissen führen. Auch durch firmeninterne Versuchsleiter können im Sinne eines Versuchsleitereffektes die Ergebnisse maßgeblich beeinflusst werden (Becker, 2004). Darüber hinaus wird kritisiert, dass der Event Charakter und die Besonderheit (unveröffentlichtes Produkt) des Produkts einen verfälschenden Einfluss haben (Al-Sibai, 2004). Es gibt aber sehr wohl auch Hersteller, die es verstehen objektive Daten mit subjektiven Bewertungen zu verbinden und geeignete Schlüsse daraus zu ziehen (Rösler, Battenberg, & Schüttler, 2009; Spingler, 2008). Im Ford-Forschungszentrum in Aachen werden anhand von objektiven Daten von Messrobotern und subjektiven Bewertungen von Schalterwiderständen Daten zur optimalen haptischen Gestaltung von Schaltern gesammelt (Spingler, 2008).

Die frühen Modelltests für das Gesamtkonzept werden meist mittels Simulation durch computergesteuerte Modelle oder mittels Virtual Reality Simulation für die Designer durchgeführt. Dieses Vorgehen bietet zwar den Vorteil, dass Änderungen schnell, kostengünstig und genau möglich sind (Braess & Seiffert, 2007b, S. 414), doch das Grundkonzept wird immer noch so erstellt, wie der Designer und Ingenieur es für richtig hält. Dies führt dazu, dass hauptsächlich auf die Erfahrung und das Wissen des Fachmannes Wert gelegt wird, ohne dies durch Untersuchungen an späteren Kunden zu überprüfen. Ein weiteres Argument, welches gegen die Anwendung der Simulationen und VR (*virtual reality*) Anwendungen spricht, ist der Kostenfaktor. Wie oben angemerkt, sind zwar Änderungen an den Prototypen günstig, doch die Systeme erfordern sehr teures Equipment und spezialisierte Experten zur Anwendung und Auswertung der Daten. Um die Wirklichkeit möglichst realistisch virtuell darzustellen, wird ein ganzes PC-Cluster benötigt (Visionäre Welten als Erfolgsmodell, 2003). Auch das Fehlen der

haptischen Komponente in computergesteuerten VR-Umgebungen ist kritisch zu sehen (England, 1995, S. 191; Kozak, Hancock, Arthur, & Chrysler, 1993; Schönhammer, 2001) und widerspricht dem Faktum, dass Haptik im Automobilbereich (siehe unten) ein wichtiger Faktor ist. Zwar gibt es schon Ansätze taktilen Feedback in VR-Umgebungen einzubeziehen (Moehring & Froehlich, 2005; Scheibe, Moehring, & Froehlich, 2007; Visionäre Welten als Erfolgsmodell, 2003), doch diese Entwicklung steckt noch in ihren Kinderschuhen. Darüber hinaus weisen Möhring und Fröhlich darauf hin, dass VR- Umgebungen mit haptischem Feedback nicht für ältere Leute geeignet sind (Moehring & Froehlich, 2005).

Bevor nun die Methode anhand einer Untersuchung dargestellt und auf ihre Brauchbarkeit überprüft wird, soll noch auf ein für die Methode wichtiges Teilgebiet näher eingegangen werden.

3 Haptik

In der Kritik an den herkömmlichen Erhebungsmethoden der Autoindustrie wurde angemerkt, dass diese zu technisch sind und weniger auf die Menschen abzielen. Wenn der Mensch mit einer Maschine in Interaktion tritt, sind viele Einflussvariablen zu beachten. Es können zahlreiche Fehler auftreten, die entweder durch falsche Handhabung oder Missverständnis der Funktion entstehen. Das Teilgebiet der Mensch-Maschine Interaktion beschäftigt sich ausführlich mit genau diesen Phänomenen. Meist tritt der Mensch durch eine Kombination aus Sehen und Handeln (Schalten, Drücken) mit Maschinen in Kontakt, daher folgt nun ein Einblick in die Interaktion mit Elementen. Zuerst sollen Grundlagen im Bereich des Berührens und Betastens erklärt werden, danach folgt eine Einführung, wie Objekteigenschaften (z.B. Qualität) durch das Betasten erfahren werden können.

3.1 Grundlagen des Tastsinns und der Haptik

Generell dienen unsere Wahrnehmungsmodalitäten, also unsere fünf Sinne, dazu, Information über die Umwelt zu sammeln. Wenn wir beispielsweise überprüfen wollen, ob ein Lebensmittel noch genießbar ist, werden wir sowohl eine visuelle Suche nach Anzeichen eines Verfalls (Schimmel), den Geruchssinn zur olfaktorischen Überprüfung und den Geschmackssinn einsetzen. Neben dem Gehör bleibt der Tastsinn als noch unerwähnter fünfter Sinn unseres Wahrnehmungssystems. Nach Beyer und Weiss (2001) vermittelt der Tastsinn die Wirkung mechanischer Reize auf unsere Körperoberfläche und Informationen über die Beschaffenheit von Gegenständen beim untersuchen- den Abtasten.

Bei der Berührung spielen drei Systeme eine wichtige Rolle (Klatzky & Lederman, 2003):

- das kutane System (Mechanorezeptoren in der Haut)
- das kinästhetische System (Mechanorezeptoren in den Muskeln, Gelenken und Sehnen)
- das haptische System (Verbindung der Informationen beider Systeme)

Das haptische System ist es auch, welches per Definition für die aktive Exploration von Objekten zuständig ist. Es wird daher in der Forschung auch zwischen zwei Arten von Berührung unterschieden: aktiv und passiv. Unterschieden wird dies meistens durch das Vorliegen oder Fehlen von motorischer Kontrolle.

Die Handinnenseite, mit der Objekte in den meisten Fällen exploriert werden, besitzt eine räumliche Abstandsschwelle von ca. 1 mm und eine zeitliche Abstands-

schwelle von ca. 700 Hz (1.4ms) (Klatzky & Lederman, 2003). Somit lassen sich mit der Hand sehr feine Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit erkennen. Bezüglich räumlicher Unterschiede lautet die Hierarchie der Genauigkeit Auge, Hand und Ohr, bezüglich zeitlicher Unterschiede Ohr, Hand und Auge. Das bedeutet, dass wir über das Auge die kleinsten räumlichen Differenzen und mit dem Ohr die kürzesten zeitlichen Differenzen wahrnehmen können (Klatzky & Lederman, 2003).

Auf den Verlauf einer haptischen Wahrnehmung vom Moment des Betastens bis hin zur kognitiven Verarbeitung soll hier nicht näher eingegangen werden. Es sei nur so viel erwähnt, dass durch das Betasten mit den Fingern die Erregung über afferente Bahnen über viele Stationen zum Gehirn gelangt und dort in hierarchischen Strukturen verarbeitet wird. Somit kann die Wahrnehmung von Formen, Oberflächen oder auch Bewegungen der Objekte erfolgen.

3.2 Haptische Wahrnehmung

Wie funktioniert es nun genau, das wir bestimmte Charakteristika von Objekten, wie z.B. ihre Form oder ihre Oberfläche, wahrnehmen können. Nach Klatzky und Ledermann (1993) existiert in der haptischen Wahrnehmung eine hierarchische Ordnung der Objektcharakteristika. Auf der höchsten Stufe werden Geometrie und Material unterschieden. Geometrie ist vom Objekt abhängig, Material hingegen ist vom Objekt unabhängig. Unterkategorien von Geometrie sind z.B. Größe und Form. Eine Unterkategorie von Form wäre z.B. die Krümmung. Das Material wird in Textur, Härte und Temperatur unterteilt, Textur wiederum in Rauheit, Dichte und Klebrigkeit.

Wenn nun der Finger bei der Berührung an der Haut deformiert wird (Druck), dann erhalten wir eine Abbildung des Objekts. Die Erfassung der Dreidimensionalität erfolgt durch die unterschiedliche Druckverteilung auf dem Finger. Sollte das Objekt so groß sein, dass es mehrere Finger berührt, dann werden auch kinästhetische Informationen (wie die relative Fingerhaltung) zur Erfassung der Größe und Tiefe hinzugezogen (Klatzky & Lederman, 2003). Bei einer Exploration eines noch größeren Gegenstandes werden die Finger und die Hand bewegt. Dies ist auch nötig um bestimmte Merkmale des Objekts, wie die Rauheit oder die Größe und Form, zu erfassen. Lederman und Klatzky (1987) haben Finger- und Handbewegungen beschrieben, die eingesetzt werden um Objekteigenschaften zu erfassen. Je nach zu untersuchender Eigenschaft werden unterschiedliche Bewegungen durchgeführt (siehe Abb. 3.1).

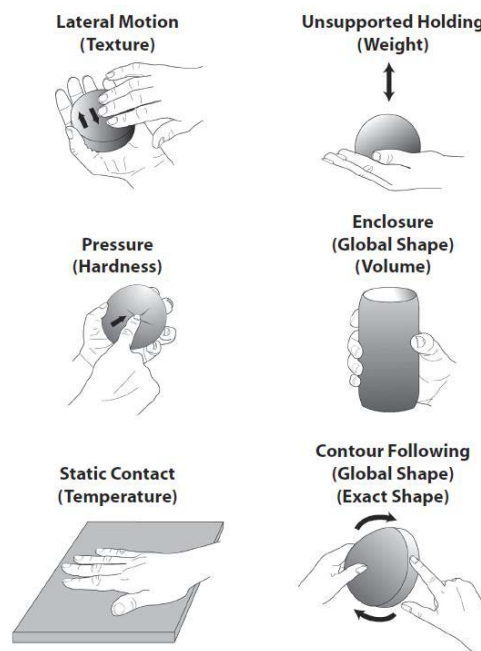


Abb. 3.1: Explorative Prozeduren (EP) nach Lederman und Klatzky (1987)

Sie unterscheiden (Lederman & Klatzky, 1987):

Lateral motion (seitwärtige Bewegung): Diese dient zur Erfassung der Textur, also der Oberflächenbeschaffenheit. Das Ergebnis sind die gefühlten Reibungswiderstände zwischen den Fingern und dem Objekt.

Pressure (Druck): Dient zur Erfassung des Härtegrades oder Widerstandes eines Objekts. Die subjektiven Kennwerte sind die Kraft die man zur Deformation ausüben muss und die Kräfte die das Objekt diesen entgegenstellt.

Static Contact (statischer Kontakt): Die Temperatur eines Objekts wird durch eine reine Berührung ohne Bewegung erfasst.

Unsupported Holding (nicht unterstütztes Halten): Zur Erfassung des Gewichts wird der Gegenstand in einer Hand gehalten. Dies wird meist durch eine leichte Armbewegung unterstützt (z.B.: *abwiegen* eines Gegenstandes in der Hand).

Enclosure (Umschließen): Das Umschließen dient zur Erfassung des Volumens und der Form durch Umfassen des Objekts ohne stärkere Kräfte auszuüben.

Contour following (Konturen nachfahren): Zur Erfassung der Form wird der Umriss des Objekts mit den Fingern der Fingerspitzen nachgefahren.

Welche der vorhandenen explorativen Prozeduren (EP) wählen wir nun aus um ein Objekt zu explorieren? Der Ausgangspunkt ist zuerst ein Bedürfnis der Person, oder ein Ziel bzw. eine Aufgabenstellung. Aufgrund der Erfahrung der Person legt eine Aufgabenstellung meist eine bestimmte Prozedur oder eine Kombination von Prozeduren

nahe. Zum Beispiel legt die Frage danach, wie weich das Objekt ist, nahe, auf das Objekt Druck auszuüben. Daneben gibt es in den explorativen Prozeduren inhärente Einschränkungen, d.h. es ist nicht jede Prozedur für die Untersuchung aller Fragen geeignet. Weiters schließen sich manche Prozeduren gegenseitig aus. Auch die Kosten für jede EP spielen eine Rolle bei der Auswahl. All diese Einschränkungen wurden zu einem Modell zusammengefasst, welches ermöglichen soll die Auswahl einer Prozedur rechnerisch zu ermitteln (Klatzky & Lederman, 1993).

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der haptischen Wahrnehmung von Umwelten, der auch in der Wahrnehmung des Autoinnenraums eine Rolle spielt, ist die haptische Wahrnehmung von räumlichen Relationen bzw. der näheren Umgebung. Die nähere Umgebung ist hier jener Bereich, der mit den Händen erreicht werden kann. Bei der Wahrnehmung des Raumes treten auch mittels Haptik verschiedene Illusionen auf, die aus der visuellen Forschung bekannt sind.

3.3 Intermodale Wahrnehmung

“For example, a man who drives a car determines the car’s position on the road from the objects he sees through the windshield. He can determine the car’s speed from the value he reads on the dashboard, the speed at which he sees the trees on the side of the road pass by, the sound of engine he hears, and the vibrations he feels. He can judge the stability of the car from the way in which the car responds to his actions: the changes in velocity he feels when he changes gears, the forces he perceives when he keeps the car in the same lane or when he shifts lanes.” (Schifferstein, 2006, S. 42)

Aus diesem Zitat aus einem Artikel von Schifferstein (2006) geht schön hervor, wie vielfältig wir die Umwelt mit unseren Sinnen wahrnehmen. Wenn nun einen Gegenstand unsere Aufmerksamkeit erregt, dann können wir uns quasi aussuchen, wie wir den Gegenstand untersuchen wollen. In einer realen Situation werden natürlich nicht überlegen, wie wir den Gegenstand nun untersuchen sollen, da wir gelernt haben, welche Ergebnisse aus welchen Explorationen zu erwarten sind. Gerade bei der Untersuchung von Elementen werden wir je nach Ziel der Exploration unterschiedliche Sinne bevorzugt als Informationsquelle nutzen. Nach der *modality - appropriateness* Hypothese (Freides, 1974; Welch & Warren, 1980) dominiert die Modalität in der Wahrnehmung eines Aspektes eines Objekts, die dafür am besten geeignet ist. Für die Auswahl der Modalität spielt es natürlich auch eine Rolle, wie weit das Objekt von uns entfernt ist. Aufgrund der Tatsache, dass die Sinne Sehen, Hören und Riechen sog. Fernsinne und Schmecken und Tasten sog. Nahsinne sind, ist es naheliegend, dass wir Objekte zuerst mit den Fernsinnen wahrnehmen können und werden, und, falls möglich, erst danach mit den Nahsinnen. Der Sehsinn hat hierbei den größten Radius und ermöglicht die Exploration von Objekten, die z.B. mit dem Tastsinn nicht erfasst werden können.

Als Beispiele wären hier sehr große Gegenstände wie Hochhäuser zu nennen oder auch Objekte, die nicht berührt werden dürfen, wie Kunstwerke in einem Museum oder Tiere in einem Zoo (Larssen, Robertson, & Edwards, 2006). Aus diesem Grund wird der Sehsinn auch immer wieder als der dominierende Sinn in der Wahrnehmung gesehen (Ernst & Banks, 2002; Schifferstein & Cleiren, 2005). Schifferstein zeigte, dass das Sehen eines Objekts für viele Produktkategorien als zentral für die Beurteilung gesehen wird. Diesen Umstand führt er darauf zurück, dass erstens viele Menschen das Sehen als den wichtigste Sinn empfinden, zweitens in unserer Umwelt viele Produkte hauptsächlich auf der Interaktion durch Sehen basieren (Fernsehen und Internet) und drittens diese Produkte in unserer Zeit sehr häufig genutzt werden (Schifferstein, 2006). Es mag zwar stimmen, dass Information primär mit dem Auge aufgenommen wird, doch oft wird vergessen und missachtet, wie viel wir auch mit unseren anderen Sinnen aufnehmen. Erst durch die intermodale Wahrnehmung mit allen Sinnen wird unsere Repräsentation der Umwelt so reichhaltig und informativ, wie wir sie erleben.

Im Falle der Exploration des Autoinnenraums werden die meisten Teilnehmer dazu übergehen, die Elemente sowohl zu betrachten als auch zu berühren. (Anm.: Wie im Zitat zu Beginn des Kapitels eindrücklich gezeigt, gibt es durchaus noch weitere Modalitäten, die zum Informationsgewinn genutzt werden, doch bei der Exploration des Innenraumes liegt der Fokus klar auf der Betrachtung und der Berührung. Weiters wurden mit den gewählten Methoden auch nur die beiden Modalitäten erhoben). Bei gleichzeitiger Betrachtung und Berührung erhalten wir also Informationen aus zwei Modalitäten, der haptischen und der visuellen. Es wird postuliert, dass bei der Erfahrung der Umwelt, Berührung und Sehen verschiedene Prioritäten besitzen (Ernst & Banks, 2002; Lederman, Thorne, & Jones, 1986; Schifferstein & Cleiren, 2005). Lederman, Thorne und Jones (1986) fanden, dass das Gewicht der visuellen oder haptischen Information je nach Aufgabenstellung unterschiedlich ist. Ernst und Banks (2002) postulieren sogar, dass Menschen visuelle und haptische Information mittels eines Maximum-Likelihood Modells integrieren. Dies bedeutet, dass scheinbar die Modalität, deren Schätzwert die geringste Varianz aufweist, bevorzugt als Informationsquelle herangezogen wird. Berührung dient der Prüfung der Oberflächenbeschaffenheit, während Sehen mehr für räumliche Konfigurationen verantwortlich ist. Es gibt daher oft redundante aber auch widersprüchliche Informationen aus den verschiedenen Systemen, die es zu integrieren und zu verarbeiten gilt. Wie lösen wir also diese Widersprüche und wählen unsere Aktionen speziell bei der Wahrnehmung durch Sehen und Fühlen? Klatzky, Lederman und Matula (1993) zeigten dazu in einer Serie von Experimenten, dass die visuelle Exploration (das Sehen) als schnelle Überprüfung des Objekts dient, welches danach haptisch genau unter die Lupe genommen wird. Sollte das reine Ansehen ausreichen, um das gewählte Ziel zu erreichen, dann wird das Objekt nur selten berührt. Wenn es hingegen schwierig ist eine gegebene Fragestellung nur durch Ansehen zu beantworten, wird das Objekt berührt und haptisch untersucht. Bei Entscheidungen über die Größendifferenz von zwei Objekten wird beispielsweise nur der visuelle Sinn verwendet. Bei der Ent-

scheidung, welches Element rauer oder schwerer ist, wird aufgrund der Schwierigkeit durch reines Ansehen das Objekt berührt (Klatzky & Lederman, 2003; Klatzky, Lederman, & Reed, 1987; Lederman, Summers, & Klatzky, 1996). Auch Schifferstein (2006) kommt mittels Analyse von Fragebögen über Produktwahrnehmung zum Ergebnis, dass das Sehen die zentrale Domäne für die Einschätzung der Größe und Form eines Objekts ist und dass das Berühren zentral für die Wahrnehmung von Oberfläche, Textur (Rauheit, Glätte, Klebrigkeit, Härte), Temperatur und Gewicht ist. Wir verwenden also eine andere Modalität, wenn die Exploration nicht hinreichend gut durch die primäre Modalität erkennbar ist.

3.4 Produktexploration

Viele der eben vorgestellten Ergebnisse wurden in einem relativ isolierten Setting zur Kontrolle eventueller Störvariablen durchgeführt. Um die basalen Wahrnehmungsprinzipien zu erkunden, wurde meist eine Modalität isoliert betrachtet bzw. als Objekte einfache Formen und keine herkömmlichen Produkte benutzt (vgl. Klatzky & Lederman, 1993; Klatzky, et al., 1993; Klatzky, et al., 1987; Lederman, et al., 1986). Hingegen beschäftigen sich die oben erwähnte Studie von Schifferstein (2006) sehr wohl mit der Wahrnehmung von Produkten, doch das Hauptthema sind Erkenntnisse über die Sinne.

Daher soll nun zuerst einmal vorgestellt werden, wie wir überhaupt Produkte wahrnehmen. Schifferstein und Cleiren (Schifferstein & Cleiren, 2005) unterscheiden hier drei Komponenten der Produkterfahrung:

- Wahrnehmung: Bei Wahrnehmung mit allen Sinnen ist je nach Ziel immer ein Sinn dominant (wie auch schon oben erwähnt).
- Identifikation: Wenn man ein unbekanntes Objekt antrifft, will man sofort die Identität und die Nützlichkeit erfassen (Gibson, 1966). Je nach Modalität gelingt das besser oder schlechter.
- Kognitive Verarbeitung: Hier findet die Kategorisierung und Verarbeitung der aufgenommenen Informationen statt.

Sie untersuchten, wie und wie stark die einzelnen Sinne in den drei Komponenten repräsentiert sind. Es zeigte sich, dass die visuelle und haptische Exploration in allen drei Komponenten die detailliertesten Ergebnisse lieferten, wobei die visuelle Domäne aufgrund der Geschwindigkeit der Verarbeitung die Hauptinformationsquelle sein dürfte (Schifferstein & Cleiren, 2005).

Desmet und Hekkert unterscheiden in ihrem Artikel *Framework of product experience* (2007) bei der Erfahrung von Produkten zwischen direkter instrumenteller Interaktion (Verwenden, Benutzen), nicht instrumenteller Interaktion (nicht zum Ge-

brauch Angreifen, sich Spielen) und auch nicht physischer Interaktion (darüber reden, nachdenken). Die Produkterfahrung hängt sowohl von Produktcharakteristika als auch von der Persönlichkeit des Nutzers ab. Die Nutzung und die damit verbundenen kognitiven Prozesse tragen zur Erfahrung bei, daneben spielt auch der Kontext, in welchem die Erfahrung stattfindet, eine Rolle. Sie unterscheiden ebenfalls 3 Komponenten oder Level der Produkterfahrung, die den Komponenten von Schifferstein und Cleiren (2005) ähnlich sind:

- Ästhetischer Genuss: Dieser bestimmt, inwieweit das Produkt eine oder mehrere sensorische Modalitäten erfreuen kann (z.B.: etwas sieht schön aus, etwas riecht gut, etwas fühlt sich gut an,...).
- Sinnattribution: Ist das Erkennen von Metaphern und symbolischen Bedeutungen (was verbinden wir mit dem Produkt, welche Eigenschaften schreiben wir dem Produkt zu,...).
- Emotionale Reaktion: Welche Emotionen löst das Produkt in uns aus, sind diese positiv oder negativ?

Diese drei Komponenten beeinflussen sich gegenseitig und besitzen keine vorgegebene Reihenfolge. Eine sehr häufige Reihenfolge dürfte die sein, dass die Erfahrung von ästhetischem Genuss und das Erkennen des Sinnes eine Emotion auslösen (Desmet & Hekkert, 2007).

Nun wurde gezeigt, wie wir Objekte vor allem mittels Berührung wahrnehmen und wie ferner konkrete Objekte im Sinne von Produkten wahrgenommen werden. Die konsequente Weiterführung des Themas Haptik ist nun, warum wir eigentlich die Produkte und Objekte mit allen unseren Sinnen erfahren und wie sich die Wahrnehmung und Exploration von Produkten mittels unserer Sinne auf die Bewertung und Evaluation der Produkte auswirkt. Oben wurde schon erwähnt, dass wir immer ein gewisses Ziel bei der Wahrnehmung von Objekten, wie auch von Produkten haben. In mehreren Studien, die hauptsächlich aus dem Marketingbereich kommen, konnte gezeigt werden, dass vor allem die Exploration mittels Berührung und Angreifen dazu dient, die Qualität des Produktes zu erfassen (Citrin, Stem, Spangenberg, & Clark, 2003; Grohmann, Spangenberg, & Sprott, 2007). Entsprechend der Hypothese zur *modality-appropriateness* (Freides, 1974; Welch & Warren, 1980) und den Ergebnissen von Klatzky und Lederman (1993) ist es nur allzu verständlich und einleuchtend, dass wir die Qualität (also die Widerstandskraft, Härte und Festigkeit) mit dem geeigneten Sinn, also dem Tastsinn, überprüfen. Da nach Gibson (1986) die Umwelt und somit die Produkte inhärent mit einem Sinn und einer Aufforderung (sog. *affordance*) verbunden sind, müssen wir überprüfen, ob Produkte auch halten, was sie versprechen. Also ob sich zum Beispiel das Lenkrad so angenehm anfühlt, wie es auf den ersten Blick scheint. Dieses Beispiel dient auch als Verdeutlichung für den Ablauf einer Produktexploration, denn um die Qualität eines Objekts zu untersuchen, suchen wir visuell nach

Hinweisen für die Qualität und testen diese mittels Berührung. Genau dieser Ablauf soll auch mithilfe der gewählten Untersuchungsmethode gezeigt werden.

Als Folge der Exploration eines Produkts zur Einschätzung von Qualität mittels Berührung zeigt sich vor allem, dass die Berührung oder besser die haptische Exploration einen positiven Einfluss auf die Tiefe der Verarbeitung, auf das Funktionsverständnis des Produkts, die Sicherheit und die Stärke der Meinung über das Produkt besitzt (Mooy & Robben, 2002; Peck & Childers, 2003). Weitere Studien zeigen, dass die Möglichkeit zum Angreifen ein wichtiger Faktor für die Bewertung und Auswahl von Produkten ist. Nach McCabe und Nowlis (2003) kaufen Personen eher bei Verkäufern, bei denen man die Produkte berühren kann, vor allem wenn die Berührung wichtig für die Evaluation des Produkts ist. Die Möglichkeit ein Produkt anzugreifen führt auch insgesamt zu einem erhöhten Gefallen, vorausgesetzt eine gewisse Mindest-Qualität ist gegeben (Grohmann, et al., 2007; Jansson-Boyd & Marlow, 2007). Die Erklärung dafür dürfte sein, dass bei Produkten, bei denen Oberflächenbeschaffenheit und Textur hervorstechende und zentrale Charakteristika sind, die Berührung ein wichtiger und sog. *diagnostischer* Prozess ist, d.h. die taktile Information ist hier ein zentraler Bestandteil zur Bewertung des Produkts (Grohmann, et al., 2007). Nicht umsonst konstatieren, zwar im Zusammenhang mit zwischenmenschlicher Kommunikation, Heslin und Alper: „*touching does, indeed, cause liking!*“ (1983, S. 63). Im Zusammenhang mit Gefallenseinschätzungen sei auch noch auf den sog. *mere-exposure* Effekt von Zajonc (1968) verwiesen. Dieser besagt, dass die reine wiederholte Darbietung eines Reizes dessen Gefallenseinschätzung positiv beeinflusst. Plakativ gesprochen heißt dies, das etwas umso mehr gefällt, je öfter wir damit in Kontakt treten.

3.4.1 Haptik im Autoinnenraum

Die Haptik von Elementen soll, wie oben erwähnt, einen immer größeren Stellenwert im Innenraumdesign bekommen, da anhand haptischer Codierung die Unterscheidbarkeit von Schaltern erhöht werden kann und neue Funktionen implementiert werden können (Braess & Seiffert, 2007b; Färber, 2006). Je nach Element im Innenraum gibt es unterschiedliche Punkte, die bei der haptischen Gestaltung beachtet werden müssen. Ein Lenkrad beispielsweise benötigt andere haptische Rückmeldungen und Eigenschaften wie ein Blinkerhebel (Grunwald & Krause, 2001). Es muss unterschieden werden, ob eine Aktion möglichst schnell durchgeführt werden soll oder die Bedienung auf Kosten der Bediendauer möglichst sicher sein soll (Grunwald & Krause, 2001). Darüber hinaus muss entschieden werden, ob die Bedienung nur haptisch, haptisch und visuell oder auch akustisch erfolgen soll (Grunwald & Krause, 2001).

Durch das Berühren der Elemente im Innenraum können wir auch deren Qualität einschätzen (Burnett & Irune, 2009; Grunwald & Krause, 2001; Jindo & Hirasago, 1997; Yun, You, Geum, & Kong, 2004). Burnett und Irune (2009) konnten zeigen, dass die haptische Einschätzung von Schaltern viel mehr zur Qualitätseinschätzung beiträgt

als die visuelle oder akustische. Yun, You, Geum und Kong (2004) haben in einer Untersuchung eine Checkliste vorgestellt, die die für die Käufer wichtigsten Materialien und Oberflächencharakteristika auflistet. Ihre Untersuchungen basieren auf der Philosophie des Kansei Engineerings. Diese Gestaltungstheorie von Nagamachi (1989) bindet die Eindrücke und Gefühle der Nutzer beim Kontakt mit den Produkten in die Gestaltung ein, sodass durch das Design gezielt bestimmtes Erleben geweckt werden soll. Rösler, Battenberg und Schüttler (2009) konnten anhand der Einschätzung von Schaltern mittels semantischen Differentials zeigen, dass sich die subjektive Wahrnehmung von Schaltern auch anhand von objektiven Maßzahlen darstellen lässt. Sie konnten somit feststellen, welche Kennwerte und welche Ausprägung dieser einen Schalter z.B. als sportlich erscheinen lassen (Rösler, et al., 2009). Mittlerweile haben auch die Fahrzeughersteller erkannt, dass, nach dem ersten visuellen Eindruck vom Fahrzeug, die Haptik von den Elementen durch direkten Kontakt ein zentraler Faktor für das Gefallen des Fahrzeugs ist (Rau, et al., 2003).

4 Rationale und Hypothesen der aktuellen Studie

Da in den vorangegangenen Kapiteln erklärt wurde, wie ein Innenraum aufgebaut ist und gestaltet werden kann, soll nun in ein paar kurzen Sätzen noch einmal zusammengefasst werden, was nun die zentralen Erkenntnisse sind: Heutzutage umfasst ein Autoinnenraum viel mehr Funktionen als früher. Vor allem die sekundären Funktionen wie Infotainment und Komfortsteuerungen haben zugenommen. Die primären Elemente wie Lenkrad, Schalthebel, Scheibenwischer und Blinker sollten, da sie für das Fahren unbedingt benötigt werden, im Zentrum sein und so gestaltet sein, dass sie einerseits zum sicheren Führen des Fahrzeugs beitragen und andererseits den Anforderungen und Vorstellungen des Fahrers entsprechen. Die sekundären Funktionen sollen im hier getesteten Standbetrieb vor allem den ergonomischen Vorstellungen und Wünschen der Fahrer entsprechen. Im Fahrbetrieb ist die leichte und aufmerksamkeitsschonende Bedienung die Hauptanforderung. Dies wird in den neueren Fahrzeugen meist durch multifunktionale Steuerelemente erreicht. Auf Grund der Tatsache, dass die Untersuchungen zum Innenraum hauptsächlich in der in der Automobilindustrie durchgeführt werden und somit die Ergebnisse nur einem Unternehmen zur Verfügung stehen, soll in dieser Arbeit eine Methode präsentiert werden, die durch eine Kombination an eher einfachen Messmethoden Daten über die freie Exploration eines Fahrzeuginnenraums bereitstellt und zahlreiche Fragen nach der Ergonomie und weiteren Problem- oder Forschungsfeldern beantworten kann. Durch die Kombination aus Eye-Tracking, Beobachtung mittels Videokameras und Einsatz von Fragebögen soll das Verhalten der Versuchsperson möglichst komplett und umfassend erfasst werden, um genaue Aussagen zu betreffenden Fragestellungen geben zu können. Neben der Kostenersparnis im Vergleich zur Simulation soll die Methode vor allem klare Darstellungen und einfach interpretierbare Ergebnisse liefern. Diese Methoden dienen zur Überprüfung der Grundlagen im Automobilesdesign und sollen sich anhand einer praktischen und ökologisch validen Überprüfung in einem realen Setting beweisen. Durch die Erstellung der topografischen Relevanzfeldkarten, also Darstellung der zentralen Elemente im Fahrzeuginnenraum, soll eine Hilfestellung über die Entscheidung der Designschwerpunkte im Innenraum gegeben werden. Denn welche Bereiche in einem Autoinnenraum nun öfters exploriert werden, ist aus der Literatur nicht ersichtlich. Es kann nur vermutet werden, dass die fahrrelevanten Elemente zentral sind und somit öfter exploriert werden. Für die Aufstellung einer Hypothese im klassischen Sinne ist diese Vermutung aber nicht hinreichend. Somit werden die Häufigkeitsdaten explorativ nach Unterschieden erkundet und generell vorgestellt, wie Menschen Autoinnenräume absolut und über die Zeit hinweg erkunden.

4.1 Hypothesen

Durch die Verbindung von taktilen Grundlagen mit der Anwendung dieser im Produktdesign zeigt sich, dass die haptische Qualität der Elemente im Autoinnenraum aus zwei Gründen besonders wichtig ist. Erstens wird die Sicherheit der Betätigung von Elementen aufgrund einer haptischen Codierung erhöht und zweitens trägt die haptische Einschätzung der Qualität der Elemente maßgeblich zur Einschätzung der Qualität des gesamten Fahrzeugs bei. Diese wiederum beeinflusst natürlich die Einstellung gegenüber dem Fahrzeug und in weiterer Folge auch die Kaufintention. Daher ist es nur naheliegend, dass die Bereiche im Innenraum, die besonders oft und intensiv exploriert werden, auch qualitativ hochwertig sein sollten, um das Qualitätsempfinden der Personen zu beeinflussen. Elemente, die öfters betrachtet werden, sollten daher mehr Einfluss auf die Bewertung des Innenraums haben, als Elemente, die nicht besonders beachtet werden. Genau dies soll mit dieser Methode überprüft werden können und Rückschlüsse auf die Gestaltung eines ansprechenden Innenraums zulassen. Die Ergebnisse könnten auch ein erster Schritt zur Klärung der Frage sein, warum bestimmte Designs besonders gefallen und präferiert werden. Dies führt zu einer zentralen Fragestellung:

- Unterscheiden sich die Häufigkeiten der Exploration der einzelnen Bereiche und Elemente im Innenraum von Fahrzeugen voneinander?

Dies ist die Grundlage um feststellen zu können, welche Bereiche und Elemente besonders zentral sind. Eine weitere Fragestellung, die auf den Unterschieden aufbaut, beschäftigt sich damit, ob die Unterschiede in der Häufigkeit auch in Unterschieden im gesamten und haptischen Gefallen der Elemente resultieren.

Aufgrund der Ergebnisse aus der Literatur, insbesondere auf Grund des *mere-exposure* Effekts (Zajonc, 1968), lässt sich folgendes vermuten:

- H1: Die Häufigkeit der Exploration der Elemente korreliert positiv mit dem Gefallen der Elemente.

Es wurde schon in der Einleitung darauf hingewiesen, dass mittels dieser Methode zahlreiche Fragen über die Exploration von Autoinnenräumen beantwortet werden können. Daher soll überprüft werden inwieweit Personencharakteristika einen Einfluss auf die Häufigkeit der Exploration und auf die Bewertung haben. Diese Fragen nach den Unterschieden zwischen Personen laufen auch auf das Thema der Individualisierung von Innenräumen hinaus. Aufgrund dessen, dass sich Modelle hauptsächlich im Design und weniger in der Funktion unterscheiden, wäre es auch denkbar aufgrund Personencharakteristika einzelne Bereiche unterschiedlich zu gestalten. Aufgrund von Ergebnissen von Schifferstein (2006) und Citrin et al. (2003), dass Frauen mehr Wert auf Berührung von Produkten legen als Männer, lässt sich vermuten, dass sich die Geschlechter in der Häufigkeit der Exploration unterscheiden. Die Effekte sind aber eher

klein und zeigen sich auch nicht konstant (Peck & Childers, 2003). Somit lautet die Hypothese:

- H2: Die Geschlechter unterscheiden sich in der Häufigkeit der Exploration der Elemente.

In einer Studie von Karlsson et al. (2003) zeigte sich, dass sich Experten (in dieser Studie Angestellte eines Autokonzerns) und Laien bezüglich der Einschätzung von Interieurs unterscheiden. Daher lautet die Hypothese:

- H3: Die Experten unterscheiden sich von den Laien in der Häufigkeit der Exploration der Elemente.

Bezüglich des Alters der Versuchspersonen erlaubt die Literatur keine Hypothesen über Unterschiede in der Häufigkeit der Exploration, daher werden die vorliegenden Daten explorativ untersucht.

EMPIRIE

5 Methode

Die im Folgenden beschriebene Untersuchung soll einerseits eine Beschreibung liefern, wie Versuchspersonen Autoinnenräume explorieren, d.h. begutachten und erfahren, und andererseits eine Überprüfung ermöglichen, ob die Gestaltung von Innenräumen aus der Sicht der Autohersteller dem entspricht, wie die Versuchspersonen den Innenraum betrachten. Weiters soll untersucht werden, in welchem Ausmaß eine Exploration im Innenraum bei der Simulation einer Probefahrt mit dem Testmodell stattfindet. Um die Aussagekraft der Untersuchung zu erhöhen wurden zwei Automodelle und zwei Fahrszenarien zur Untersuchung eingesetzt. Um Vergleiche zwischen den beiden Modellen nicht nur interindividuell, sondern auch intraindividuell zu ermöglichen, wurden von jeder Person beide Modelle exploriert. Weiters sollten die Personen beide Fahrszenarien sehen, somit ergaben sich vier mögliche Testbedingungen:

- 1) Modell A, Fahrszenario A / Modell B, Fahrszenario B
- 2) Modell A, Fahrszenario B / Modell B, Fahrszenario A
- 3) Modell B, Fahrszenario A / Modell A, Fahrszenario B
- 4) Modell B, Fahrszenario B / Modell A, Fahrszenario A

Die Personen wurden pseudorandomisiert einer der vier Bedingungen zugewiesen.

5.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 33 Versuchspersonen teil, 17 Personen davon waren männlich und 16 weiblich. Das mittlere Alter der Personen lag bei 40.4 Jahren ($SD = 15.3$), wobei die jüngste Teilnehmerin 19 Jahre alt war und der älteste Teilnehmer 67 Jahre. Einunddreißig der 33 Teilnehmer waren rechtshändig, zwei der Teilnehmer linkshändig. Alle Teilnehmer waren Bekannte oder Verwandte der Versuchsleiter. Dieses methodisch diskutable Vorgehen (Lofland & Lofland, 1995) wurde deshalb bevorzugt, da der Untersuchungsaufbau komplex ist und für wenig testerfahrene bzw. mit den Testleitern wenig vertraute Personen möglicherweise einschüchternd wäre (zum genauen Versuchsablauf siehe folgende Abschnitte, insbesondere Abschnitt 5.3

Versuchsablauf). Dies sollte durch die persönliche Verbindung zu den Versuchsleitern etwas abgeschwächt werden. Ein weiterer Grund für die Auswahl der Versuchspersonen war, dass aufgrund der Testzeitpunkte (zwischen Dezember 2007 und Februar 2008) wenig Kundschaft das Autohaus besuchte. Eine zusätzliche, wenn auch triviale Einschränkung in der Auswahl der Versuchspersonen war der Besitz eines Führerscheins. Es sollten nur Personen getestet werden, die im Umgang mit Fahrzeugen generell (mehr oder weniger) geschult und vertraut sind.

5.2 Verwendete Materialien

5.2.1 Ort und Fahrzeuge

Die Testungen wurden im Autohaus Renault Stempfer GmbH⁸ in Badhörig bei Schärding in Oberösterreich durchgeführt. Herr Stempfer stellte uns freundlicherweise seinen Ausstellungsraum sowie zwei Modelle seines Bestandes zur Testung zur Verfügung. Das eine Modell war eine Limousine der Mittelklasse, ein Renault Laguna III Dynamique dCi Baujahr 2007 das andere ein Kleinwagen, ein Renault Clio III Exception Baujahr 2007 (siehe Abb. 5.1).



Abb. 5.1: Außenansicht und Innenansicht der beiden Fahrzeugmodelle (Quelle: media.renault.com, Zugriff: 04.12.2009)

⁸ Für nähere Informationen zum Autohaus siehe:
<http://stempfergmbhrenault.gemeindeausstellung.at/home;>

5.2.2 Aufzeichnung

Um die Aktionen der Versuchspersonen möglichst vollständig festhalten zu können, wurden aus zwei verschiedenen Blickwinkel Kameraaufzeichnungen mit zwei Camcordern vom Typ Sony® DCR-HC27E gemacht. Eine Kamera filmte die Versuchsperson von der Beifahrerseite durch die geöffnete Beifahrertür, der Aufnahmebereich lieferte eine Profilansicht der Person (siehe Abb. 5.2 unten). Die andere Kamera wurde auf der Rückbank hinter dem umgeklappten Beifahrersitz aufgestellt. Sie filmte der Versuchsperson über die Schulter und zeichnete vor allem die Explorationen der rechten Hand auf der Mittelkonsole auf (siehe Abb. 5.2 oben).

Die Blickbewegungen der Personen wurden mittels eines mobilen Eye-Tracking Geräts vom Typ IView X® HED der Firma SensoMotoric Instruments aufgezeichnet. (siehe Anhang A1, Abb. A1.1). Wie in Abb. 5.2 ersichtlich, ist das Gerät als Fahrradhelm ausgeführt. Durch diesen wird eine optimale Anpassung des Systems an den Kopf ermöglicht. Die drahtlose Übertragung der Daten zum Aufnahmerekner (siehe Anhang A1, Abb. A1.2) ermöglicht eine hohe Mobilität. Dieses Gerät ermittelt durch zwei Kameras die Blickbewegungen der Person, die eine Kamera filmt die gesehene Szenerie aus dem Blickwinkel der Versuchsperson und die andere Kamera zeichnet die Reflexion eines Lichtstrahls auf der Pupille auf. Durch die Kombination dieser beiden Aufzeichnungen erhält man ein Video, auf dem die Blickbewegungen und Fixationen der Personen als rotes Kreuz angezeigt werden (siehe *screenshot*, Anhang A1, Abb. A1.4). Für genauere Informationen zum Eye-Tracking und zu den Ergebnissen des Eye-Trackings sei auf die Arbeit von Berger (2010) verwiesen.



Abb. 5.2: Testungssetting und Positionierung der Innen- (oben) und Außenkamera (unten)

5.2.3 Fahrscenarien

Um das Verhalten der Personen während einer simulierten Probefahrt zu erfassen wurden im Vorfeld mit einer Kamera aus der Fahrerperspektive zwei Fahrscenen bei einer Autofahrt gefilmt. Die beiden Fahrscenarien zeigte eine Fahrt auf der Auto-

bahn (Autobahn A7 Richtung Unterweikersdorf, Dauer: 2:13 min) und eine Fahrt in einer größeren österreichischen Innenstadt (Innenstadt von Linz, Dauer: 2:19 min) (Ausschnitte siehe Anhang A1, Abb. A1.5 und A1.6). Die Fahrscenen wurden an einem Laptop, der neben dem Testmodell aufgestellt war, abgespielt und mittels eines Videobeamers direkt vor dem Testmodell auf eine weiße Wand projiziert (siehe Abb. 5.3). Um überprüfen zu können, ob sich die Personen auch auf das Fahrscenario konzentrieren, wurden nach dem Fahrscenario zwei Fragen zum gesehenen Inhalt vorgegeben. Für das Innenstadtszenario wurden folgende zwei Fragen gestellt: 1) Im Clip war ein Taxi zu sehen, welche Farbe hatte das Taxi? Richtige Antwort: Gelb; 2) Waren im Clip mehr oder weniger als 5 Ampeln zu sehen? Richtige Antwort: Weniger (3). Beim Autobahnszenario wurden folgende Fragen gestellt: 1) Wurden Sie von mehreren Fahrzeugen überholt oder haben Sie selbst mehr überholt? Richtige Antwort: Selbst mehr überholt (7x) als überholt worden (2x); 2) Wo sind Sie hingefahren (Hinweis: Überkopfwegweiser)? Richtige Antwort: Richtung Prag/Freistadt.

Setting bei der Vorgabe des Fahrscenarios



Projektion auf weiße Wand

Präsentationsrechner mit Videobeamer

Außenkamera

Fahrscenario aus Sicht der Versuchsperson



Abb. 5.3: Setting bei der Vorgabe des Fahrscenarios am Beispiel des Renault Laguna

5.2.4 Evaluationsfragebogen

Zur Überprüfung des Zusammenhangs zwischen Dauer und Häufigkeit der Exploration einzelner Bedienelemente im Fahrzeug und dem Gefallen der Bedienelemente wurde ein kurzer Fragebogen konstruiert. Die insgesamt 18 Fragen gliederten sich in 14 Fragen zum Gefallen einzelner Elemente und 4 Fragen zur Haptik von Elementen. Von den zahlreichen möglichen Elementen wurden die 14 Elemente ausgewählt, die erstens am zentralsten erschienen und zweitens in beiden Fahrzeugen vorhanden waren. Die Beantwortung der Fragen erfolgte auf einer 7-stufigen Skala von 1 *sehr gut* bis 7 *gar nicht*, darüber hinaus gab es noch eine extra Antwortmöglichkeit *Kann ich nicht beurteilen*, welche angekreuzt werden konnte, wenn die Person das Element entweder zu kurz oder nicht exploriert hat. Am Ende des Fragebogens wurde noch gefragt, ob sich die Personen vorstellen könnten, das Fahrzeug zu kaufen und gebeten Gründe dafür/dagegen anzugeben (Fragebogen siehe Anhang B1).

5.2.5 Autofragebogen V2.0 (AFB V2.0)

Da die Expertise im Bereich der Fahrzeugtechnik und des Fahrzeugdesigns eine mögliche Einflussvariable ist, sollte durch einen standardisierten Fragebogen die Kenntnis im Bereich des Automobildesigns und der Automobiltechnik sowie weitere fahrzeugrelevante Information ermittelt werden. Der Fragebogen wurde im Fachbereich für Allgemeine Psychologie an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien erstellt und umfasst drei Bereiche. Der erste Fragenkomplex besteht aus Fragen zu Fahrgewohnheiten und Interesse am Thema *Autos*, der zweite Fragenkomplex besteht aus Wissensfragen zu technischen Aspekten und der dritte Fragenkomplex beinhaltet Fragen, bei denen die Marke und der Typ eines Fahrzeugs auf einem Bild des Fahrzeugs erkannt werden müssen. Der Fragebogen liegt als Paper-Pencil Version und als Online Version vor. Hier wurde die Paper Pencil Version verwendet, wobei die Fahrzeugbilder des dritten Teils aufgrund der dadurch höheren Bildqualität als PowerPoint Präsentation vorgegeben wurden (AFB V2.0 siehe Anhang B2).

5.3 Versuchsablauf

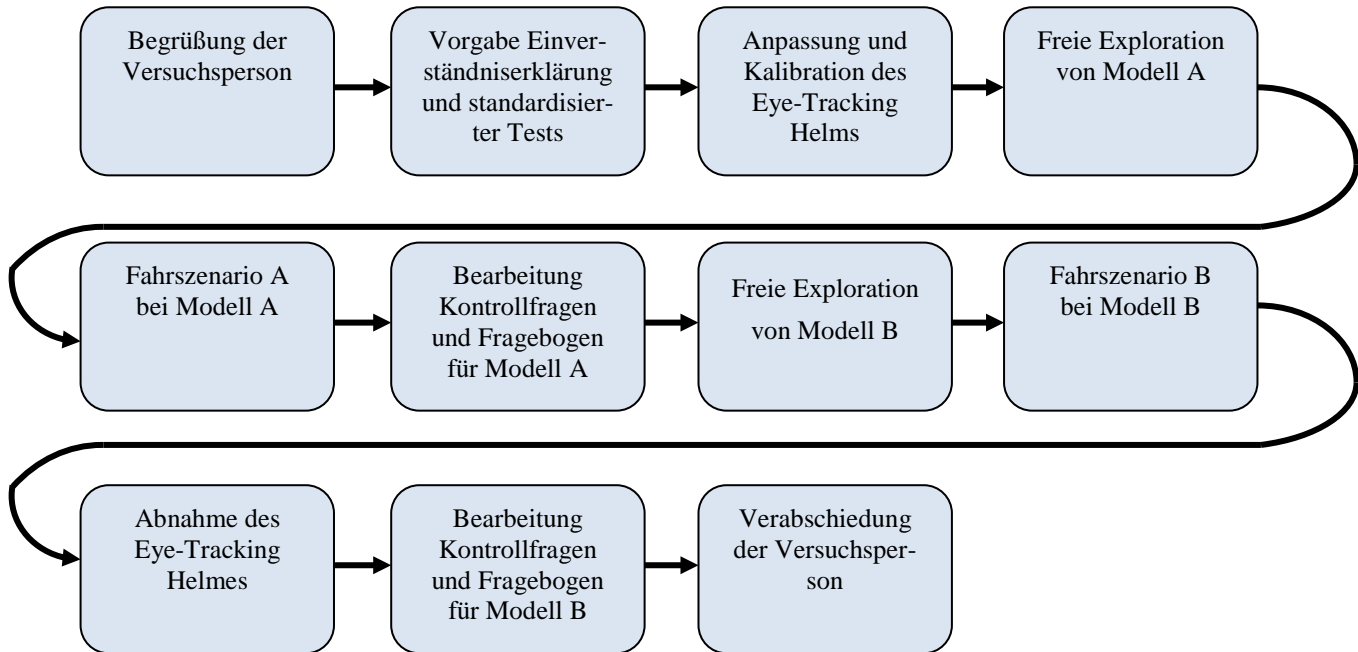


Abb. 5.4: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus

Nach der einleitenden Begrüßung wurde die Versuchsperson grob über den nun folgenden Versuchsablauf informiert, vor allem die Benutzung eines Eye-Tracking Geräts und die Aufzeichnung der Personen mittels Kamera wurde erwähnt, um die Person geeignet auf die kommende Situation vorzubereiten. Danach wurde die Versuchsperson gebeten eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Untersuchung zu unterschreiben. Zu Beginn der Untersuchung wurden standardisierte Tests zur Sehschärfe, zum Farbsehen und zur Händigkeit der Person vorgegeben. Danach wurde der Eye-Tracking-Radhelm angepasst und kalibriert. Durch die Kalibration konnte sich die Person an das Tragen des Geräts gewöhnen. Nach erfolgter Kalibration wurde die Versuchsperson gemäß Versuchsplan einem der beiden Modelle zugewiesen. Die Instruktion erfolgte mit folgendem Wortlaut (sinngemäß): *Stellen Sie sich bitte nun vor Sie wollen dieses Auto kaufen, versuchen Sie sich in den nächsten Minuten einen Überblick über den Innenraum des Autos zu machen.* Da man meist nur das genauer ansieht und begutachtet, woran man interessiert ist bzw. wenn man motiviert ist, wurde diese Kaufinstruktion gewählt. Somit wurde ein Setting geschaffen, in dem die Personen motiviert sind den Innenraum eingehend zu untersuchen und zwar da eine fiktive Kaufsituation vorliegt. Wie im Theorieteil angemerkt, werden bei der Exploration eines Produkts zu Kaufzwecken die Funktion und die haptische Qualität vordergründig beachtet. Während einer der Versuchsleiter die Person instruierte und beim Einsteigen half, wurden vom zweiten Versuchsleiter die Kameras gestartet.

Nachdem die Exploration beendet war, wurde die Person mit folgendem Wortlaut instruiert (sinngemäß): *An der gegenüberliegenden Wand sehen Sie nun ein Video einer Fahrscene aus der Fahrerperspektive, stellen Sie sich vor, das sind Sie, die gerade mit diesem Auto eine Probefahrt machen, machen Sie sich wieder mit dem Innenraum vertraut, behalten Sie aber auch den Verkehr im Auge, wie bei einer echten Autofahrt.* Bei Rückfragen der Personen, ob sie denn auch bremsen, schalten oder blinken sollten, wurden sie instruiert, so zu verfahren, wie sie es als am sinnvollsten erachteten, doch dass sie auf das Schalten zur Materialschonung verzichten sollten. Danach wurde an die Wand direkt vor der Motorhaube des Fahrzeugs das Video der Fahrscene projiziert. Ein detaillierter Ablauf einer Exploration und eines Fahrscenarios anhand einer Beispielperson zeigt ein Storyboard in Anhang A2.

Nach Beendigung des Fahrscenarios wurde die Person gebeten eine Frage zum gesehenen Fahrscenario zu beantworten. Dies diente zur groben Überprüfung, ob sich die Personen unter anderem auf den Verkehr konzentriert haben. Danach folgte der Fragebogen zum Gefallen und zur Haptik der gerade explorierten Bedienelemente des Fahrzeugs. Während die Versuchsperson den Fragebogen bearbeitete wurde das Setting für das zweite Fahrzeug vorbereitet. Vor der Exploration des zweiten Fahrzeugs wurde bei Bedarf eine Zwischenkalibration des Eye-Trackers durchgeführt, da im Laufe der Untersuchung bzw. des Aussteigens der Helm verrutscht sein konnte.

Die Exploration des zweiten Fahrzeugs, sowie die Vorgabe des zweiten Fahrscenarios und die Bearbeitung der Frage zum Fahrscenario und zum Gefallen des Fahrzeugs erfolgen analog dem ersten Teil der Untersuchung. Der einzige Unterschied bestand darin, dass der Eye-Tracking Helm direkt nach dem Fahrscenario entfernt wurde.

Zum Abschluss der Testung wurde noch der Autofragebogen vorgegeben. Die Gesamtdauer des Experiments betrug pro Person rund 40 – 60 Minuten.

5.4 Messmethoden

Im Folgenden soll nun beschrieben werden, wie aus den Videoaufnahmen Daten extrahiert wurden, die in weiterer Folge mittels deskriptiv- und inferenzstatistischer Verfahren dargestellt und ausgewertet wurden.

5.4.1 Videobearbeitung

Mittels Adobe Premiere CS3 wurden die Videos der Kamera (Mini DV Format) aufgezeichnet und als Microsoft DV .avi gespeichert (Bildgröße: 768x576, Framerate: 25fps; Durchschnittliche Größe: 1.41 GB). Die Videos der Eye-Tracking Kamera lagen im MPEG-4 Format vor (Bildgröße: 384x288) und wurden aus Kompatibilitätsgründen ins .avi Format konvertiert. Diese Videos der Kameras wurden anhand eines distinkten

Geräusches, welches sich in beiden Audiospuren fand (z.B.: das Schließen der Fahrertüre) synchronisiert. Das Eye-Tracking Video wurde mit den beiden Kameraaufzeichnungen anhand einer distinkten Bewegung synchronisiert. Zuletzt wurden die Aufzeichnungen auf die relevanten Zeitabschnitte gekürzt. Somit erhielt man insgesamt 198 Videos (33 Personen x 2 Autos x 3 Kameras (2 Camcorder, 1 Eye-Tracker) = 198 Videos).

5.4.2 Datencodierung

Die 3 Videos der Person je Auto (Innen-, Außen- und Eye-Trackingaufnahme) wurden nun gemeinsam betrachtet. In einem SPSS-File wurde jedes Auftreten einer Exploration und deren Zeitpunkt relativ zum Beginn eingetragen. Um einen einheitlichen Beginn für die späteren Berechnungen zu finden, wurde dieser als die erste, von der Person getätigte, Exploration festgelegt. Aktionen, die mit der Vorbereitung der Exploration zusammenhingen, wie Einsteigen oder Sitz einrichten, wurden für die spätere Auswertung nicht berücksichtigt (das Storyboard in Anhang A2 zeigt beispielhaft alle codierten Aktionen einer Person). Somit wurde die Exploration eines Elements je Zeile mit 1 codiert. Wurde mehr als ein Element exploriert, z.B.: berührt die Versuchsperson mit der linken Hand den Blinkerhebel und gleichzeitig mit der rechten Hand den Scheibenwischerhebel, wurden beide Elemente mit 1 codiert. In den Datenfiles wurde neben dem Beginn und dem Ende der Exploration eines Elements und neben den Elementen selbst auch noch eine Spalte zum Hinterlassen von Bemerkungen angefügt. Diese stellte sich im Nachhinein für spätere Auswertungen als sehr nützlich heraus. Insgesamt lagen am Ende der Codierung 128 separate Datenfiles (33 Personen x 2 Autos x 2 Testphasen (freie Exploration und Exploration während Fahrszenarios) = 128 Files) vor. Um statistische Analysen mit den Daten durchzuführen wurden die Daten aller Personen je Auto und je Testphase in ein Gesamtfile zusammengefasst. Aus diesem wurde ein weiteres File erstellt, in dem die Zeitdauer der Exploration und die Berührungen je Person aggregiert wurden. Die gerade genannten Bearbeitungsschritte gelten sowohl für die Daten der Testphase *Freie Exploration* als auch für die Testphase *Fahrszenario*. Die nun folgenden Codierungsschritte wurden hingegen nur für die Testphase *Freie Exploration* durchgeführt.

Um eine genauere Analyse der Explorationen zu ermöglichen wurde, ausgehend vom Gesamtfile, ein weiteres File erstellt, welches die Information beinhaltete, mit welcher Hand die Exploration durchgeführt wurde. Hier gab es drei Möglichkeiten: Eine Exploration nur mit der linken Hand, eine Exploration nur mit der rechten Hand und eine Exploration mit beiden Händen gleichzeitig. Analog dem Vorgehen bei den oben beschriebenen Files wurde auch hier ein aggregiertes File erstellt.

Eine weitere Unterscheidung, die aufgrund der Erkenntnisse beim Codieren getroffen werden musste, war, ob die Personen ein Element explorierten oder nur berührten. Eine Dauerberührung eines Elements lag dann vor, wenn die Person ein Element berührte ohne es sichtbar bezüglich Haptik, Verarbeitung oder Funktion zu überprüfen.

Dies lag vor allem dann vor, wenn die Person sich entweder im Fahrzeug umsah und einzelne Elemente betrachtete oder ein Element explorierte und die Hand/Hände jeweils auf einem Element ruhte/n. Eine *echte* Exploration lag also genau dann vor, wenn die Person ein Element aufmerksam und sichtlich anfühlte oder angriff, um die Qualität hinsichtlich Haptik, Verarbeitung oder Funktion zu überprüfen. Ob es sich eben um diese *echte* Exploration handelt, wird im Folgenden immer dadurch erkenntlich sein, dass dies explizit erwähnt wird. Sollte nur von Exploration die Rede sein, handelt es sich um eine wie auch immer geartete Berührung des Elements.

Da neben der Berührungshäufigkeit auch die Zeitdauer der einzelnen Berührungen für die Arbeit interessant ist, wurde jeweils auch ein Gesamtfile erstellt, welches statt dem Auftreten einer Exploration dessen Zeitdauer beinhaltet. Auch hier wurde jeweils ein File mit den aggregierten Daten erstellt. Die Darstellung der Zeit in SPSS erfolgte im Format hh:mm:ss (Format TIME8 in SPSS). Bei der Codierung sämtlicher Zeiteinheiten wurde, wie aus dem Datenformat ersichtlich, eine sekundengenaue Darstellung als größte Detailstufe ausgewählt. Da die Darstellung der Zeit im Programm Adobe Premiere auch Millisekunden anzeigte, wurde je nach Millisekundenwert kaufmännisch gerundet. Somit ergibt sich eine Datenungenauigkeit von +/- 1 Sekunde.

5.4.3 Erstellung topografischer Relevanzfeldkarten(Heatmap)

Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse als topografische Relevanzfeldkarten wurden sogenannte Heatmaps erstellt. Eine Heatmap ist eine Darstellungsform von Daten in der die Häufigkeitsverteilung einer Datenstruktur durch eine bestimmte Farbverteilung gekennzeichnet ist (siehe Abb. 5.5). Für die Nachvollziehbarkeit der Abbildungen wird die Erstellung der Heatmaps im Folgenden genauer beschrieben. Zur Erstellung einer Heatmap mussten die Häufigkeiten der Explorationen der Elemente je Auto auf einem Bild des Innenraums abgebildet werden. Da es für diese Prozedur keine Programme gibt, die mit der vorliegenden Datenstruktur als Input eine Heatmap erstellen, wurde mittels MATLAB R2008b ein eigener Code verfasst. Es erwiesen sich zwei verschiedene Vorgehensweisen, von denen jede ihre Vorteile und Nachteile besitzt, als zielführend. Nachfolgend seien nun diese beiden unterschiedlichen Methoden genauer ausgeführt (der Code befindet sich jeweils im Anhang D).

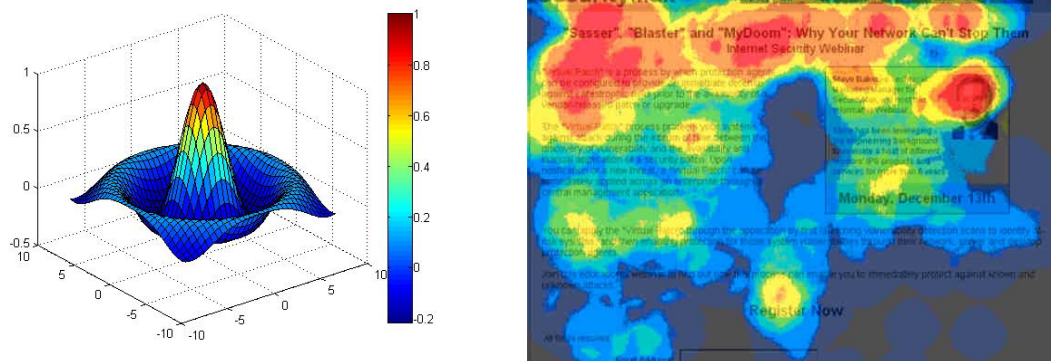


Abb. 5.5: Beispiele für Heatmaps, links: Färbung eines Datengitters mit Matlab (Beispielcode von http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/techdoc/learn_matlab/f3-40352.html, vom 19.01.2010), rechts: Klickverteilung auf einer Website (Quelle: <http://www.blogsolute.com/free-website-heatmap-generator/4473/>, vom 19.01.2010)

5.4.3.1 Alternative 1

Zuerst wurde das Bild des Innenraums (siehe Abb. 5.1) in das Programm geladen. Mittels einer Funktion (*gtrack()*⁹) wurde dann die Häufigkeit der Explorationen durch die Anzahl an Klicks auf das Element in der Abbildung repräsentiert. Das heißt, wenn der Warnblinkknopf im Renault Clio 12 Mal exploriert wurde, dann wurde im Bild 12 Mal auf den Warnblinkknopf geklickt. Dadurch entstand eine Matrix, die alle Explorationen als x und y Koordinaten der Mausklicks auf dem Bild beinhaltete. Da die Anzahl der Berührungen der Elemente durch die Anzahl an Klicks repräsentiert war, musste diese Prozedur für alle Arten der Berührung (Gesamte Explorationen, *echte* Explorationen, Dauerberührung, Explorationen mit der linken, rechten und mit beiden Händen gleichzeitig) je Modell separat durchgeführt werden. Als nächstes wurde eine Nullmatrix erstellt, die dieselben Ausmaße besaß wie das Bild des Innenraums (Matrix für Clio = $MC(1230 \times 2000)^{10}$ ergibt 2 460 000 Felder, Matrix für Laguna = $ML(1108 \times 2000)$ ergibt 2 216 000 Felder). In dieser Matrix wurden nun mittels einer eigenen Funktion (*genhm()*, siehe Code im Anhang D) die Mausklicks so eingetragen, dass, wenn die x und y Koordinaten dem Index der Matrix entsprachen, dieses Feld der Matrix den Wert 1 zugewiesen bekam. Ein Beispiel zur Verdeutlichung: Wenn die Koordinate des Mausklicks auf den Cupholder des Renault Clio $x=1000$ und $y=356$ war, dann wurde im Feld $MC(356, 1000)$ der Matrix MC der Wert 1 eingetragen, wenn dieselbe Koordinate noch einmal geklickt wurde, wurde der Wert in der Matrix wiederum um 1 erhöht. Um nun eine Heatmap der Punkteverteilung darstellen zu können, mussten noch einige Transformationen an der Matrix durchgeführt werden. Damit die Unterschiede zwischen den Elementen, vor allem zwischen den oft und selten explorierten Elementen, stärker heraustreten wurde die gesamte Matrix mit einem Skalar multipli-

⁹m-file zur Registrierung von Mausklicks auf Bildern von Jose Pina:

<http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/15099>, vom 20.10.2009;

¹⁰ Der Übersichtlichkeit halber wird im Folgenden bei vierstelligen Zahlen auf den Abstand zwischen Tausender- und Hunderterstelle verzichtet.

ziert. Nach einigen Probeversuchen erwies sich eine Multiplikation um den Faktor 25 als am brauchbarsten. Da die Mausklicks auf einen Bereich immer nur eine Koordinate und nicht den ganzen Bereich aufzeichneten, musste ein Weg gefunden werden um die angrenzenden Felder der Matrix ebenfalls mit Werten zu belegen und zwar mit umso niedrigeren je weiter das Feld von der eigentlichen Koordinate entfernt war. Um dies zu bewerkstelligen wurde ein Gaußfilter über die Matrix gelegt. Dieser bewirkt, ob seiner mathematischen Eigenschaften, dass die Verteilung der Werte eines bestimmten Bereichs in Richtung einer Gaußschen Normalverteilungskurve angepasst wird. In der Bildverarbeitung bewirkt der Filter z.B. dass die Kanten abgeschwächt werden und das Bild weicher bis leicht verschwommen erscheint. Der interessierte Leser sei auf Nixon und Aguado (2008) verwiesen. In diesem Falle verhilft der Filter dazu aus einer Häufigkeit in einem Feld der Matrix eine Verteilung von immer weiter abnehmenden Werten in einem Bereich von Feldern (rund um das Ausgangsfeld) zu erzeugen. Dies hat den Effekt, dass nun eine abgeflachtere Verteilung der Häufigkeitswerte vorliegt, die sich im Bild durch die, für Heatmaps signifikanten, Flecke auszeichnet. Die Größe des Gaußfilters betrug 100x100 Felder, als Standardabweichung wird 15 gewählt. Zur Erläuterung des Unterschieds siehe Abb. 5.6. Hier erkennt man auf der rechten Seite gut die durch die Gaußfilterung entstandenen Flecken.

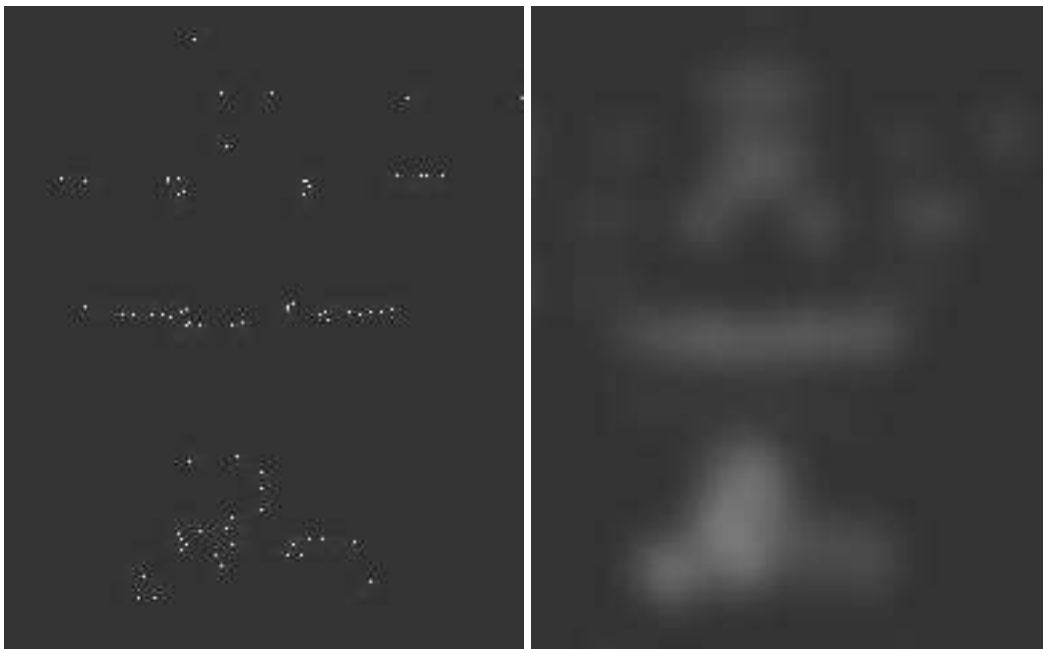


Abb. 5.6: Vergleich zwischen Punkteverteilung auf einem Bildausschnitt (Mittelkonsole) vor Gaußfilterung (links) und nach Gaußfilterung (rechts)

Am Vergleich der Punkteverteilungen zeigt sich ebenfalls, dass die Verteilung mit Gaußfilter zwar größere Flecken erzeugt, doch das gewählte Farbschema (Grauwerte) wenig anschaulich ist. Daher wurde die für Heatmaps übliche Darstellung eines Farbschemas, welches Häufigkeiten mittels einer Farbverteilung von blau bis rot

darstellt, gewählt. Für die Nachbearbeitung der Bilder erwies es sich als günstig sehr geringe Häufigkeiten in Schwarz anstatt in Blau darzustellen. Zuletzt musste nun noch die Heatmap mit einer Abbildung des Autoinnenraums kombiniert werden. Dazu wurden die Heatmap und das Bild des Innenraums mit Adobe Photoshop CS4[®] übereinander gelegt und die Heatmap zu 50% transparent gemacht.

Vor- und Nachteile der Alternative 1

Der große Vorteil der ersten Alternative besteht darin, dass die Heatmap in ihrem Aussehen gut den Vorstellungen von einer Darstellung der Häufigkeitsverteilung durch unterschiedliche Farben entspricht (siehe Abb. 5.8, links). Kurz gesagt, sie ist dem Aussehen nach einer Heatmap aus anderen Programmen (z.B.: Eye-Tracking Programmen, Klickverteilungen auf Websites) sehr ähnlich. Leider hatte die Heatmap den Nachteil, dass die dargestellten Häufigkeitsverteilungen nicht exakt den vorliegenden Verteilungen entsprachen. Dazu ist es, aufgrund mehrerer Faktoren, auch nicht mehr möglich anzugeben, welche Farbe exakt welchem Häufigkeitswert entspricht. Der Grund dafür dürfte zuerst die unterschiedliche Größe der einzelnen Elemente sein. Durch die Repräsentation der Häufigkeiten als Anzahl an Klicks auf den Bereich wird zwar der Anschein erweckt, dass die Person genau den Punkt explorierte, an dem die Färbung zu sehen ist, doch bezieht sich die Häufigkeit nur auf den gesamten Bereich. Die Darstellung scheint also weit detaillierter als die vorliegende Auswertung es zulässt. Durch die Gaußfilterung werden angrenzende und überlappende Elemente summiert. Dies führt vor allem bei großen Zellunterschieden zu einer verzerrten Darstellung und dürfte auch der Hauptgrund für die nicht exakt mit den Häufigkeiten korrespondierenden Farben sein. Dieses Darstellungsproblem verhindert somit eine sinnvolle Interpretation der Werte anhand der Farbverteilung. Der Anspruch der Heatmap liegt zwar nicht in der statistischen Überprüfung der Daten, sondern in der übersichtlichen Darstellung einer Verteilung, doch die Farbverteilungen entsprechen zu wenig den Daten, um die Aussagen zu untermauern. Daher wurde eine zweite Alternative der Heatmaperstellung gewählt, die die Probleme der ersten adressieren und vermeiden soll.

5.4.3.2 Alternative 2

Bei der zweiten Alternative wurden zuerst sämtliche Elemente, die überhaupt exploriert wurden (zur Darstellung der Elemente siehe Anhang A3.1 und A3.2), einzeln mittels *gtrack()* anhand ihrer Umrisse auf dem Bild als Matrix repräsentiert (siehe Abb. 5.7 links). Als nächstes wurde eine Variable erstellt, die als Zellwerte die Häufigkeit der Berührung der einzelnen Elemente beinhaltet. Nun wurde eine Funktion erstellt, die, analog der ersten Alternative, eine Nullmatrix (MC , ML) in der Größe des Bildes erstellt. Dann wurde pro Element eine Schleife durchlaufen, die für jeden Pixel der Matrix M überprüfte, ob er innerhalb der Umrisse der Elementmatrix liegt. Wenn das der Fall war, wurde an diese Stelle in der Matrix M die Häufigkeit der Exploration des Bereichs

aus der Variable mit den Häufigkeiten gesetzt. Da die Prüfung für jeden Pixel der Matrix M extrem lange dauerte, wurde der Code so optimiert, dass die Schleife nicht beim Punkt $M(0,0)$ begann und bis zum Punkt $M(1230, 2000)$ (im Falle des Renault Clio) ging, sondern erst bei den Minima der Koordinaten x und y der Matrix des Umrisses begann und bei den Maxima der Koordinaten endete (siehe Abb. 5.7 rechts). Da die Umrisse des Lenkrads ein paar Teile verdeckten, wurde, nachdem die Pixel innerhalb des Lenkrads gesetzt waren, die Teile der Teile wieder auf 0 gesetzt, die nicht zum Lenkrad gehörten (Sichtbereich auf die Instrumente, Aussparungen unten links und rechts und Elemente Lenkradtasten) (siehe Abb. 5.7 rechts). Im Vergleich zur ersten Alternative hatte dieses Vorgehen den Vorteil, dass für die unterschiedlichen Arten der Berührung nur die Variable mit den Berührungshäufigkeiten jeweils angepasst werden musste und nur für die Explorationen mit links und rechts kleine Änderungen an den Elementumrissen des Lenkrads nötig waren.



Abb. 5.7: links: Umrisse der Elemente am Beispiel des Renault Laguna, rechts: Start- und Endpunkt der Schleife am Beispiel des Lenkrads beim Renault Laguna

Als nächster Vorteil dieser Alternative erwies sich, dass die Transformationen mittels Gaußfilter nur kleine optische Korrekturen brachten und nicht mehr essentiell für die Visualisierung des Ergebnisses waren. Auch ohne Gaußfilterung zeigte sich schon ein interpretierbares Ergebnis. Zur Glättung der Kanten wurde über die Matrix ein Gaußfilter in der Größe von 25×25 Feldern und einer Standardabweichung von 5 gelegt. Die folgenden Schritte (Wahl der Farbverteilung und Zusammenfügen mit dem Hintergrundbild) erfolgten analog zur ersten Alternative.

Vor- und Nachteile der Alternative 2

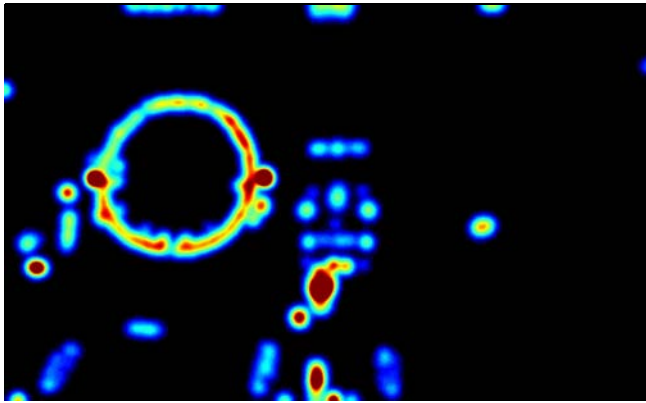
Die zweite Alternative konnte erfolgreich die meisten der vorher aufgetretenen Probleme beseitigen und zeigte eine exaktere Abbildung der Daten. Durch die Kennzeichnung der Elementumrisse wurde der unterschiedlichen Größe der Elemente Rechnung getragen und durch das Einfügen der Häufigkeiten anstatt des Einfügens des Wertes Eins wurde die Häufigkeit viel unmittelbarer in der Matrix repräsentiert. Dadurch konnte auch die Gaußfilterung nur mehr zur Kantenglättung benutzt werden und trug nicht mehr groß zur Veränderung der Ergebnisse bei. Somit lässt sich auch eine Legen-

de darstellen, aus der direkt aufgrund der Färbung die ungefähre Häufigkeit erkannt werden kann. Ein Nachteil der Heatmap ist, dass aufgrund der benutzten Farbskala, alle Häufigkeiten über dem Wert 64 die gleiche Farbe aufweisen. Dies könnte man zwar dadurch beheben, dass alle Werte mit einem konstanten Faktor multipliziert werden, sodass die maximale Häufigkeit 64 entspräche, aber man handelt sich durch dieses Vorgehen mehr Probleme ein, als man dadurch beseitigt. Da die meisten Häufigkeiten im Bereich zwischen 1 und 60 liegen und fast immer nur das Lenkrad und der Schaltknauf Werte über 100 bekamen, würde eine Anpassung in einer extrem geringen Trennschärfe im niedrigen Häufigkeitsbereich resultieren. Sprich die Häufigkeiten zwischen 1 und ca. 30 würden alle eine relativ ähnliche Färbung bekommen. Dies läuft aber der Anschaulichkeit stark zuwider. Daher soll nur darauf verwiesen werden, dass alle Werte über 64 eine dunkelrote Färbung aufweisen. Da der Hauptfokus der Werte aber im Bereich zwischen 1 und 60 liegt, stimmen die Farben für diese auch perfekt mit den Häufigkeiten überein. Eine weitere Möglichkeit extreme Werte korrekt einzubeziehen, läge in einer nichtlinearen Transformation der Daten. Dies hat aber zur Folge, dass auch die Legende nicht linear ist und somit die Interpretation der Farben erheblich erschwert wird und in weiterer Folge auch die Anschaulichkeit darunter leidet. Ein weiterer Wehrmutstropfen ist, dass die Darstellung nicht mehr so stark einer konventionellen Heatmap ähnelt (siehe Abb. 5.8, rechts). Doch aufgrund der vorliegenden Daten dürfte auch eine konventionelle Heatmap nicht anders aussehen.

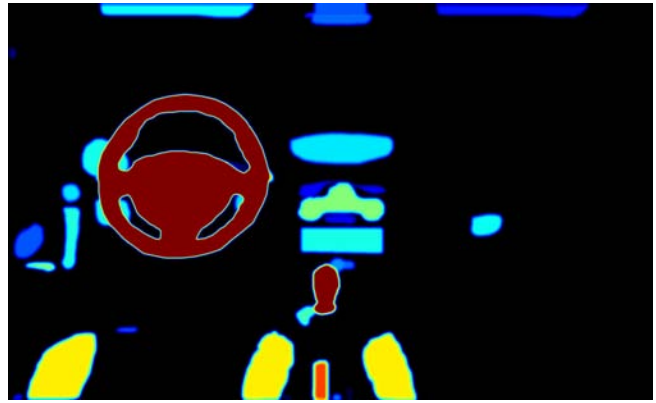
Zusammengefasst: Unterschiede der Alternative 2 zur Alternative 1

- Alle Punkte innerhalb eines Elements wurden mit Werten belegt, nicht nur die Angeklickten.
- Alle Punkte innerhalb eines Elements bekamen die Häufigkeit der Explorationen für diesen Bereich als Wert. Bei Alternative 1 bekamen nur die angeklickten Punkte einen Wert (bzw. den Wert Eins).
- Die Werte mussten nicht linear transformiert werden, also nicht mit einem Skalar (25) multipliziert werden.
- Die nachträgliche Gaußfilterung veränderte die Darstellung nur minimal.

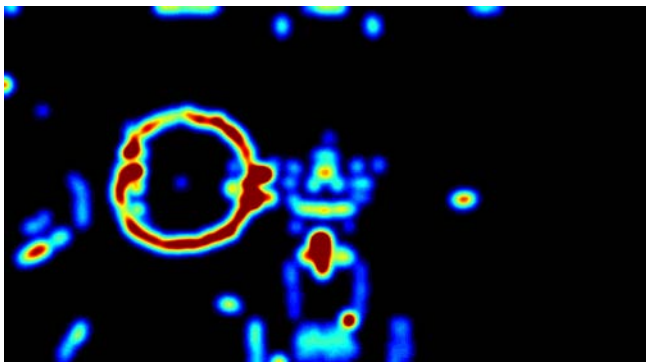
Aufgrund der schwerwiegenden Probleme bei der Darstellung der Werteverteilung bei der Alternative 1 und aufgrund der weitgehenden Adressierung der Probleme bei der Alternative 2 wird die zweite Alternative im Ergebnisteil zur Untermauerung der deskriptiven Ergebnisse genutzt.



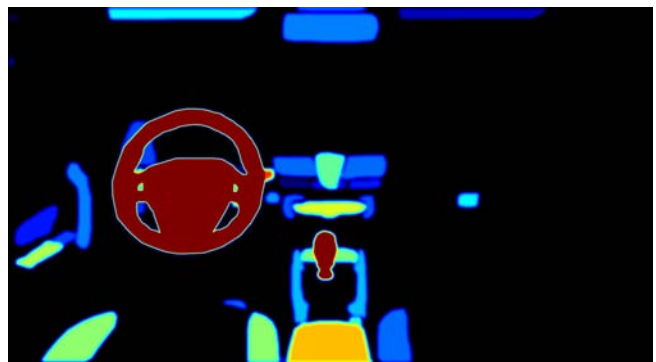
Alternative 1: Renault Clio



Alternative 2: Renault Clio



Alternative 2: Renault Laguna



Alternative 2: Renault Laguna

Abb. 5.8: Vergleich der beiden Heatmapvarianten Alternative 1 (links) und Alternative2 (rechts) für den Renault Clio (oben) und den Renault Laguna (unten), zur inhaltlichen Besprechung der Heatmap siehe Abschnitt 6.1.1.2 und Abschnitt 6.1.2.2.

6 Ergebnisse

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse aus der oben beschriebenen Testung berichtet. Zuerst werden die gewonnenen Daten deskriptiv dargestellt, um einen Überblick über die Ergebnisse zu erhalten, danach sollen die zuvor aufgestellten Hypothesen inferenzstatistisch überprüft werden.

6.1 Deskriptiv Statistik

Der Übersichtlichkeit halber werden die Daten für die beiden Fahrzeugmodelle getrennt dargestellt. Anmerkung: Das Zeitformat wird, wenn nicht explizit ausgeschrieben, im Format Minuten:Sekunden (mm:ss) dargestellt.

6.1.1 RENAULT CLIO

In Summe wurden über alle $N = 33$ Versuchspersonen 1 012 ($M = 30.67$, $SD = 14.12$) separate Explorationen durchgeführt. Die Gesamtdauer aller Explorationen betrug 1 Stunde 4 Minuten und 8 Sekunden, die mittlere Explorationsdauer pro Person betrug $M = 01:57$ ($SD = 00:53$). Es sei darauf hingewiesen, dass die Gesamtdauer aufgrund der Summe der Differenzen zwischen Beginn und Ende der Exploration berechnet wurde. Eine Berechnung der Gesamtdauer aufgrund der Summe der Einzelexplorationen je Element hätte in einer höheren Gesamtzeit resultiert, da es möglich ist, mit beiden Händen verschiedene Elemente zu berühren.

Wie oben angemerkt, wurden die Explorationen auch noch detaillierter hinsichtlich einer *echten* Exploration oder einer Dauerberührung und hinsichtlich der Hand, mit der die Exploration durchgeführt wurde, unterschieden. Auch hiervon werden im Folgenden die deskriptiven Maße angeführt.

Insgesamt wurden im Renault Clio 569 ($M = 17.24$, $SD = 8.35$) *echte* Explorationen und 443 ($M = 13.42$, $SD = 8.56$) Dauerberührungen durchgeführt. Die Summe der beiden Werte ergibt wiederum die Summe der Gesamtexplorationen (1 012).

Mit der linken Hand wurden im Renault Clio 346 ($M = 10.48$, $SD = 6.51$) Explorationen durchgeführt, mit der rechten Hand 545 ($M = 16.51$, $SD = 8.53$) und mit beiden Händen gleichzeitig wurden 121 ($M = 3.67$, $SD = 2.58$) Explorationen durchgeführt. Auch hier ist eine Überprüfung der Codierung möglich, da die Summe aller Explorationen gleich der Summe der Explorationen je Hand sein muss.

6.1.1.1 Elemente - Häufigkeit

Insgesamt wurden im Renault Clio 33 verschiedene Elemente exploriert (zur Darstellung der Elemente siehe Anhang A3.1). Jede Person betrachtete im Durchschnitt $M = 12.73$ ($SD = 4.76$) verschiedene Elemente im Innenraum. Mit 391 von 1 012 Explorationen (39%¹¹) wurde das Lenkrad im Clio bei weitem am häufigsten berührt, am zweithäufigsten wurde mit 116 Explorationen (11%) der Schalthebel und am dritthäufigsten mit 57 Explorationen (5%) die Handbremse berührt. Die übrigen 30 Elemente erreichten daher jeweils maximal eine prozentuelle Häufigkeit zwischen 5% und 1% (siehe Tabellen C1.1 bis C1.12 in Anhang C1).

Getrennt nach *echter* Exploration und Dauerberührung zeigt sich, dass der Schaltknauf mit 60 von 569 *echten* Explorationen (11%) am häufigsten untersucht wurde, gefolgt vom Lenkrad (56 Mal, 10%) und vom Scheibenwischerhebel (45 Mal, 8%). Die übrigen 30 Elemente erreichten Häufigkeiten zwischen 7% und 1%. Bei der Dauerberührung erzielte das Lenkrad mit 335 von 443 Dauerberührungen (76%) die bei weitem häufigsten Berührungen. Der Schaltknauf wurde mit 56 Berührungen (13%) am zweithäufigsten und der Sitzbezug mit 21 Berührungen (5%) am dritthäufigsten berührt. Es wurden nur 12 der 33 Elemente überhaupt *nichtexplorierend* berührt. Dies bedeutet wiederum, dass 21 Elemente des Clio Innenraums nur exploriert wurden und nicht auf ihnen verharret wurde (Erläuterung des Unterschieds siehe im Methodenteil unter 5.4.2 Datencodierung).

Getrennt nach der Hand, mit der die Elemente exploriert wurden, erweist sich bei der linken Hand das Lenkrad mit 196 von 346 Explorationen (57%) als das am häufigsten explorierte Element, der Blinkerhebel wurde mit 36 (10%) am zweithäufigsten und der Fensterheber mit 30 Explorationen (9%) am dritthäufigsten untersucht. Die restlichen Elemente erzielten prozentuelle Häufigkeiten von 6% bis 1%. Insgesamt wurden mit der linken Hand nur 12 der 33 Elemente überhaupt exploriert. Mit der rechten Hand wurde der Schaltknauf mit 116 von 545 Explorationen (21%) am öftesten, das Lenkrad mit 93 Mal (17%) am zweitöftesten und die Handbremse mit 52 Mal (10%) am drittöftesten exploriert. Die übrigen Elemente erhielten Prozentwerte von 9% bis 1%, es wurden aber nur 26 der 33 Elemente exploriert. Mit beiden Händen gleichzeitig wurde das Lenkrad mit 101 von 121 Explorationen (83%) am weitaus häufigsten untersucht, darauf folgen der Sitzbezug mit 12 Explorationen (10%) und die Lehnenverstellung und Sonnenblende mit je 3 Explorationen (3%). Die übrigen Elemente erzielten je knapp 1% der gesamten Explorationen. Mit beiden Händen gleichzeitig wurden insgesamt nur 6 der 33 Elemente exploriert.

¹¹ Anmerkung: Die Prozentwerte sind der Übersichtlichkeit halber auf ganze Prozent gerundet, daher kann es vorkommen, dass eine gering unterschiedliche Häufigkeit in gleichen Prozentwerten resultiert.

6.1.1.2 Topografische Relevanzfeldkarten (Heatmaps)

Um einen guten und schnellen Überblick über die Verteilung der Explorationen im gesamten Innenraum zu bekommen, wurden die im Methodenteil erklärten topografischen Relevanzfeldkarten erstellt. An diesen ist gut sichtbar, wie die Häufigkeitsverteilung im Innenraum ausgeprägt ist¹². In der Heatmap der gesamten Explorationen signalisiert die rote Färbung die Elemente, die die höchsten Werte aufweisen (siehe Abb. 6.1.a). Die Top-Drei Elemente Lenkrad, Schaltknauf und Handbremse unterscheiden sich sowohl in der Färbung untereinander als auch vom Rest der Elemente. Aufgrund der im Methodenteil angesprochenen Probleme mit Werten über 64 weisen das Lenkrad und der Schaltknauf eine gleiche Färbung auf. Trotzdem verdeutlicht diese Alternative sehr gut die Häufigkeitsverteilung und die zentralen Elemente und Bereiche. Ein Vergleich zu den numerischen Werten in den Tabellen C1.1 bis C1.12 (siehe Anhang C1) ist daher bei der Heatmap durchaus möglich und sinnvoll. Da die Färbungsverteilung und somit die Legende für alle Heatmaps konstant ist, können auch Vergleiche zwischen den einzelnen Heatmaps und somit zwischen den Arten der Auswertung gezogen werden. Man beachte aber wieder die Verzerrungen im oberen Wertebereich (> 64). Da bei der Heatmap der *echten* Exploration (Abb. 6.1.b) die maximale Häufigkeit bei 60 liegt, zeigen sich bei ihr die Unterschiede zwischen den Elementen besonders eindrucksvoll und anschaulich. Bei der Abbildung der Daten der Dauerberührung (Abb. 6.1.c) und der Daten der Exploration mit beiden Händen (Abb. 6.1.d) ist die geringe Anzahl der Berührungen verschiedener Elemente ersichtlich. Die Heatmaps der Explorationen mit der linken (Abb. 6.1.e) bzw. mit der rechten Hand (Abb. 6.1.f) zeigen, dass die Personen jeweils die Elemente mit der Hand berührt haben, die dem Element am nächsten war.

6.1.1.3 Elemente – Zeitdauer

Da neben der Häufigkeit mit der ein Element exploriert wurde, auch noch aufgezeichnet wurde, wie lange das bestimmte Element untersucht wurde, soll hier dieselbe Darstellung der Top-Drei Elemente auch mit der jeweiligen Zeitdauer der Berührung ausgeführt werden. Da die Prozentwerte der übrigen Elemente sehr ähnlich den Prozentwerten bei den Häufigkeiten sind, werden sie hier nicht extra erwähnt. Die Anzahl der nicht explorierten Elemente ist bei der Auswertung nach der Zeitdauer logischerweise genau dieselbe wie bei den Häufigkeiten und wird daher ebenfalls nicht mehr erwähnt.

¹² Aufgrund der wichtigen Informationen, die in den Bildern und vor allem in der Färbung der Bilder liegen, rät der Autor die elektronische Version (.pdf-Format) der Arbeit zu lesen, da bei dieser erstens die Farben besser unterscheidbar sind und zweitens die Abbildungen vergrößert werden können.

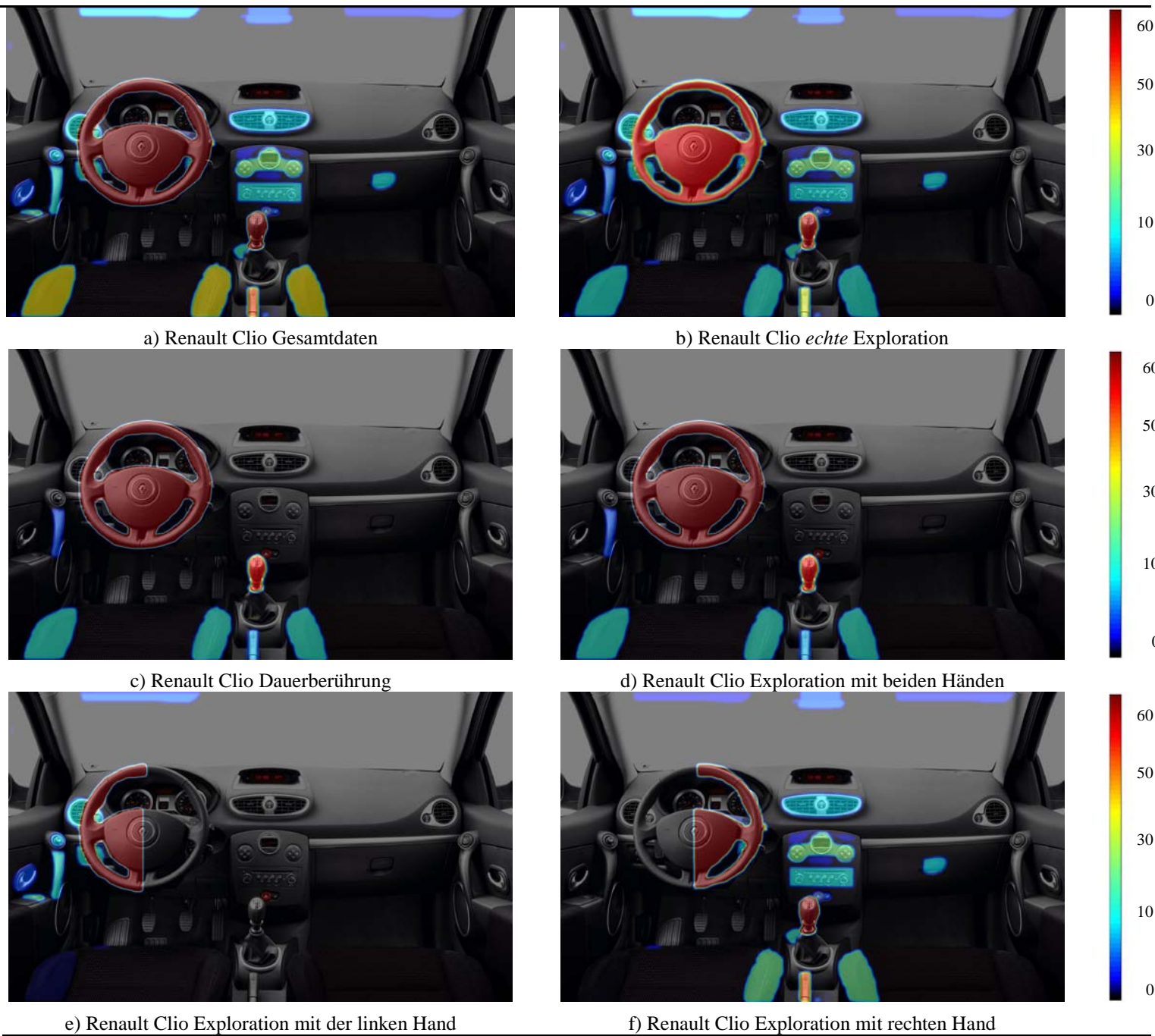


Abb. 6.1: Topografischen Relevanzfeldkarten der Häufigkeitsverteilungen im Renault Clio nach Arten der Auswertung

Betrachtet man die gesamten Explorationen wurde das Lenkrad mit 29 Minuten und 13 Sekunden (40%) von 1 Stunde 12 Minuten und 57 Sekunden am längsten untersucht, gefolgt vom Schalknauf mit 8 Minuten 45 Sekunden (12%) und, anders als bei der Häufigkeit, dem Blinkerhebel mit 3 Minuten 29 Sekunden (5%).

Getrennt nach *echter* Exploration und Dauerberührung, wurde im Renault Clio der Schaltknauf mit 3 Minuten und 35 Sekunden (10%) von insgesamt 37 Minuten und 9 Sekunden am längsten, der Blinkerhebel mit 3 Minuten 27 Sekunden (9%) am zweitlängsten und der Scheibenwischer mit 3 Minuten und 24 Sekunden am drittlängsten exploriert. Hier zeigen sich ebenfalls Unterschiede zur Häufigkeit, denn das Lenkrad wurde am zweithäufigsten, aber nur am viertlängsten exploriert (Zeit: 2 Minuten 42 Sekunden, 7%). Hingegen wurde der Scheibenwischer zwar am dritthäufigsten, aber am zweitlängsten exploriert. Bei der Dauerberührung wurde das Lenkrad mit 26 Minuten und 31 Sekunden von 35 Minuten und 48 Sekunden (74%) am längsten berührt, gefolgt vom Schaltknauf mit 5 Minuten und 10 Sekunden (14%) und vom Sitzbezug mit 1 Minute und 36 Sekunden (5%).

Bezogen auf die Hand mit der das Element exploriert wurde, zeigt sich auch in der Zeitdauer der linken Hand das Lenkrad mit 12 Minuten und 57 Sekunden (54%) von 23 Minuten und 49 Sekunden als das am längsten explorierte Element. Am zweitlängsten wurde mit der linken Hand der Blinkerhebel mit 3 Minuten 29 Sekunden (15%) und am drittlängsten, im Unterschied zur Häufigkeit, die Lichtverstellung und Lüftung links mit 1 Minute und 36 Sekunden (7%) untersucht. Mit der rechten Hand wurde der Schaltknauf mit 8 Minuten und 45 Sekunden von 38 Minuten und 6 Sekunden (23%) am längsten exploriert. Gefolgt vom Lenkrad mit 7 Minuten und 25 Sekunden (20%) und, anders als bei der Häufigkeit, vom Scheibenwischer mit 3 Minuten und 28 Sekunden (9%). Mit beiden Händen gleichzeitig wurde hingegen das Lenkrad (8 Minuten 51 Sekunden von 11 Minuten 2 Sekunden, 80%) am weitaus längsten exploriert. Am zweitlängsten wurde der Sitzbezug (1 Minute 3 Sekunden, 10%) und am drittlängsten die Lehnenverstellung (36 Sekunden, 5%) untersucht.

Tab. 6.1: Zusammenfassung der wichtigsten deskriptiven Kennwerte, getrennt nach Modell

	CLIO			LAGUNA		
	Σ	M	SD	Σ	M	SD
Explorationen gesamt	1 012	30.67	14.12	1 211	36.67	21.15
Zeitdauer Ex- ploration	01:04:08	00:01:57	00:00:53	01:20:12	00:02:26	00:01:08

echte Explorati- onen	569	17.24	8.35	637	19.30	11.34
Dauerberührung	443	13.42	8.56	574	17.39	11.77
Exploration linke Hand	346	10.48	6.51	435	13.18	9.46
Exploration rechte Hand	545	16.51	8.53	607	18.39	11.12
Exploration bei- de Hände glz.	121	3.67	2.58	169	5.12	4.62

Tab. 6.2: Statistische Kennwerte der Berührung verschiedener Bereiche, getrennt nach Modell

	CLIO			LAGUNA		
	Σ	M	SD	Σ	M	SD
Verschiedene Elemente¹³	33	12.73	4.76	41	13.45	6.30

6.1.2 RENAULT LAGUNA

Die zusätzlichen Angaben und Erklärungen zu den einzelnen Maßzahlen zur Exploration des Renault Clio gelten hier, wenn nicht explizit erwähnt, ebenso.

Von allen 33 Versuchspersonen wurden in Summe 1 211 ($M = 36.67$, $SD = 21.15$) separate Explorationen durchgeführt. Die Gesamtdauer aller Explorationen betrug 1 Stunde 20 Minuten und 12 Sekunden, mit einer mittleren Explorationsdauer pro Person von $M = 02:26$ ($SD = 01:08$).

Im Renault Laguna wurden gesamt 637 ($M = 19.30$, $SD = 11.34$) *echte* Explorationen und 574 ($M = 17.39$, $SD = 11.77$) Dauerberührungen durchgeführt.

Im Innenraum des Laguna wurden 435 ($M = 13.18$, $SD = 9.46$) Explorationen mit der linken Hand durchgeführt, mit der rechten Hand 607 ($M = 18.39$, $SD = 11.12$) und

¹³ Die Summe der verschiedenen Bereiche sagt, im Gegensatz zu den anderen Summen, aus, wie viele verschiedene Bereiche (jeder Bereich geht nur einmal in die Berechnung ein) in den Fahrzeugen exploriert wurden und nicht wie viele Bereiche in Summe über alle Personen exploriert wurden. Die Mittelwerte geben im Bezug auf die Bereiche an, wie viele verschiedene Bereiche im Durchschnitt pro Person exploriert wurden.

mit beiden Händen gleichzeitig wurden 169 ($M = 5.12$, $SD = 4.62$) Explorationen durchgeführt.

6.1.2.1 Elemente - Häufigkeit

Es wurden insgesamt 41 verschiedene Elemente des Renault Laguna exploriert (Abbildungen siehe Anhang A3.2) und von jeder Person wurden im Durchschnitt $M = 13.45$ ($SD = 6.30$) verschiedene Elemente exploriert. Mit 515 von 1 211 Explorationen (43%) wurde das Lenkrad am öftesten untersucht, der Schaltknauf wurde mit 124 Explorationen (10%) am zweitöftesten und der Scheibenwischerhebel mit 53 Explorationen (4%) am drittöftesten exploriert. Die übrigen 38 Elemente weisen Prozentwerte von 4% bis 1% auf.

Von den 637 *echten* Explorationen im Innenraum des Renault Laguna entfallen 57 (9%) auf das Lenkrad, 52 (8%) auf den Schaltknauf und 51 (8%) auf den Scheibenwischer. Die übrigen Elemente erhalten Prozentwerte von 6% bis 1%. Im Bezug auf die Dauerberührung zeigt sich, dass hier das Lenkrad mit 458 Berührungen (80%) am weitest öftesten berührt wurde, gefolgt vom Schaltknauf mit 72 (13%) und vom Sitzbezug mit 17 (3%) Berührungen. Die übrigen Elemente erhielten Prozentwerte von 2% bis 1%. Wie auch beim Clio, wurden hier ebenfalls nur 12 der 41 möglichen Elemente berührt. Die restlichen 29 Elemente wurden nur exploriert und es wurde nicht auf ihnen verharret.

Mit der linken Hand wurde mit 291 von 435 Explorationen (67%) das Lenkrad am häufigsten exploriert, am zweithäufigsten wurde mit 39 Mal (9%) der Blinkerhebel und am dritthäufigsten mit 32 Mal (7%) der Fensterheber exploriert. Es wurden insgesamt nur 19 der 41 Elemente mit der linken Hand exploriert, diese Elemente erhielten Prozentwerte von 3% bis 1%. Mit der rechten Hand wurde, wie beim Clio auch der Schaltknauf mit 124 von 607 Explorationen (20%) am öftesten exploriert, gefolgt vom Lenkrad mit 94 Mal (15%) und vom Scheibenwischerhebel mit 53 Mal (9%). Die übrigen Elemente weisen Prozentwerte von 7% bis 1% auf. Von allen möglichen Elementen wurden mit der rechten Hand nur 31 berührt. Mit beiden Händen gleichzeitig wurde ebenfalls wie beim Clio das Lenkrad mit 130 von 169 Explorationen (77%) am weitaus häufigsten untersucht, am zweithäufigsten wurde der Sitzbezug mit 12 (8%) und die Lenkradtasten mit ebenfalls 12 Explorationen (8%) und am dritthäufigsten die Sonnenblende mit 5 Explorationen (3%) untersucht.

6.1.2.2 Topgrafische Relevanzfeldkarten (Heatmaps)

Auch für den Renault Laguna zeigen die topografischen Relevanzfeldkarten gut passende Ergebnisse. An den Karten der Gesamtexplorationen (Abb. 6.3.a) erkennt man die Top-Drei Elemente (man beachte auch hier die Verzerrungen bei Häufigkeiten über 64 bei Lenkrad und Schaltknauf). Bei der Heatmap der *echten* Explorationen (Abb. 6.3.b) ergibt sich wie beim Renault Clio eine sehr gute Passung zwischen Daten und Färbung. Die Heatmaps der Dauerberührung (Abb. 6.3.c) und der Exploration mit bei-

den Händen (Abb. 6.3.d) gleichzeitig zeigen auch beim Renault Laguna eine geringe Anzahl an Explorationen verschiedener Elemente. Bei den Explorationen mit der linken (Abb. 6.3.e) oder mit der rechten Hand (Abb. 6.3.f) erkennt man auch hier wie beim Renault Clio, dass die Personen jeweils mit der Hand die Elemente berührten, die den Elementen am nächsten war.

6.1.2.3 Elemente – Zeitdauer

Bezogen auf die gesamten Explorationen wurde im Renault Laguna das Lenkrad mit 44 Minuten und 7 Sekunden bei einer Gesamtdauer von 1 Stunden 43 Minuten und 9 Sekunden (43%) am längsten exploriert. Am zweitlängsten wurde der Schaltknauf (11 Minuten 43 Sekunden, 11%) und am drittlängsten der Scheibenwischer (4 Minuten 45 Sekunden, 5%) exploriert.

Betrachtet man die *echten* Explorationen und die Dauerberührung getrennt, zeigt sich, dass der Schaltknauf mit 4 Minuten 41 Sekunden von insgesamt 51 Minuten und 3 Sekunden (9%) am längsten, der Scheibenwischer mit 4 Minuten 24 Sekunden (9%) am zweitlängsten und die Radiosteuerung mit 3 Minuten 54 Sekunden (8%) am drittlängsten *echt* exploriert wurden. Hier zeigt sich ein Unterschied zu den Häufigkeiten, bei denen das Lenkrad am häufigsten, der Schaltknauf am zweithäufigsten und der Scheibenwischer am dritthäufigsten exploriert wurden. Bei der Zeitdauer rangiert das Lenkrad mit 3 Minuten 2 Sekunden (6%) an fünfter Stelle. Die lange explorierte Radiosteuerung rangiert in der Häufigkeit mit 38 Explorationen an vierter Stelle. Bezogen auf die Dauerberührung erweist sich das Lenkrad mit 41 Minuten und 5 Sekunden von 52 Minuten und 6 Sekunden (79%) als das am weitaus längsten berührte Element, gefolgt vom Schaltknauf mit 7 Minuten und 2 Sekunden (14%) und vom Sitzbezug mit 1 Minute und 9 Sekunden (2%).

Mit der linken Hand wurde ebenfalls das Lenkrad am längsten exploriert (25 Minuten 11 Sekunden von 37 Minuten 11 Sekunden, 68%). Am zweitlängsten wurde der Blinkerhebel mit 3 Minuten und 24 Sekunden (9%) und am drittlängsten der Fensterheber mit 2 Minuten und 53 Sekunden (8%) exploriert. Mit der rechten Hand wurde, wie bei den Häufigkeiten auch, der Schaltknauf mit 11 Minuten 43 Sekunden von 50 Minuten 41 Sekunden (23%) am längsten exploriert, gefolgt vom Lenkrad mit 7 Minuten 40 Sekunden (15%) und vom Scheibenwischer mit 4 Minuten 45 Sekunden (9%). Mit beiden Händen gleichzeitig wurde mit 11 Minuten und 16 Sekunden von 15 Minuten und 17 Sekunden (74%) das Lenkrad am längsten, mit 59 Sekunden (6%) die Lenkradtasten am zweitlängsten und mit 43 Sekunden (5%) der Sitzbezug am drittlängsten exploriert.

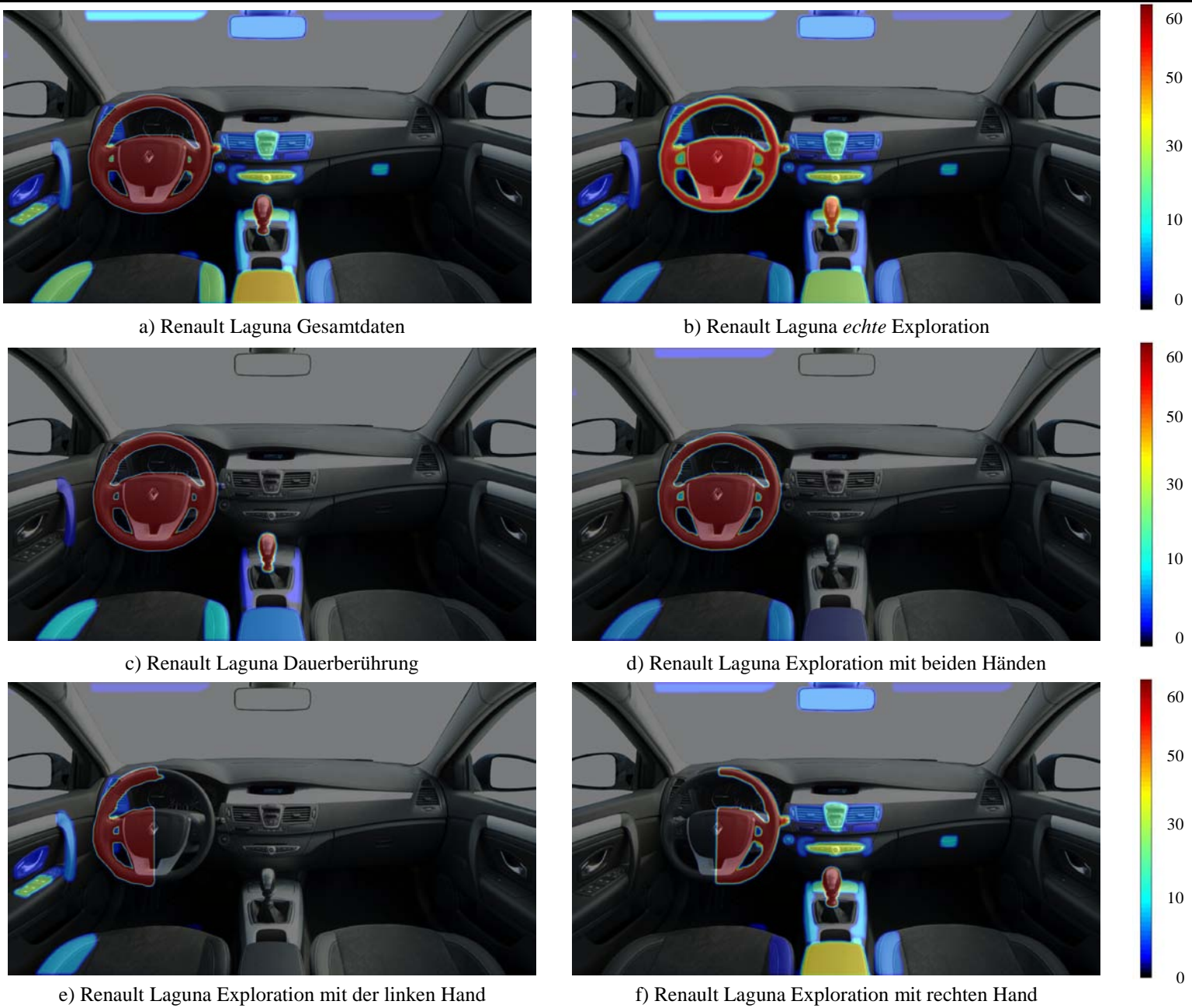


Abb. 6.2: Topografischen Relevanzfeldkarten der Häufigkeitsverteilungen im Renault Laguna nach Arten der Auswertung

6.1.2.4 Generelles zu den Elementen

Die Aufzählung der Top-Drei Elemente wurde gewählt um einen Überblick über die prominentesten Elemente im Innenraum zu geben. Was ebenfalls für die Aufzählung der drei am häufigsten und längsten explorierten Elemente spricht, ist der hohe Anteil der Top-Drei Elemente an der Gesamthäufigkeit und Dauer. Je nach Art der Betrachtung der Berührungen (handsensitiv, *echte* Explorationen,...) unterscheidet sich der Anteil der Top-Drei Elemente. Bei genauer Betrachtung der Tab. 6.3 erkennt man, dass sich einerseits die Prozentanteile bezüglich der Häufigkeit oder der Zeit nicht stark unterscheiden und dass andererseits zwischen dem Renault Clio und dem Renault Laguna keine großen Unterschiede im Anteil der Top-Drei Elemente an der Gesamtzahl existieren. Eine Ausnahme bildet hier die Exploration mit der linken Hand, bei der zwischen den Fahrzeugmodellen ein Unterschied von ca. 8% (Clio: ~76%, Laguna: ~84%) besteht. Bei der Dauerberührung und der Exploration mit beiden Händen entfallen auf die Top-Drei Elemente mit ~94% und ~92% fast alle Berührungen. Bei der linken Hand sind es ~80% der Explorationen. Bei der Betrachtung aller Explorationen und der Explorationen der rechten Hand entfallen auf die Top-Drei Elemente rund die Hälfte der Explorationen (~ 57% und ~48%). Nur bei den *echten* Explorationen machen die Top-Drei lediglich einen Anteil von ca. 27% aus (Tab. 6.3).

Tab. 6.3: Anteil der Top-Drei Elemente an der Gesamthäufigkeit und -dauer (alle Werte in %)

	CLIO		LAGUNA	
	Häufigkeit	Zeit	Häufigkeit	Zeit
Explorationen gesamt	55	57	57	59
<i>echte</i> Explorati- onen	28	28	25	25
Dauerberührung	93	93	95	95
Exploration linke Hand	76	76	83	85
Exploration rechte Hand	48	52	45	48
Exploration beide Hände glz.	96	95	91	85

6.2 Fahrszenarien

Während des Fahrszenarios wurden im Innenraum des Renault Clio nur 4 verschiedene und im Renault Laguna nur 9 verschiedene Elemente berührt. Hier wird absichtlich von berühren gesprochen, da während der gesamten Testphase (über beide Modelle und beide Fahrszenarien hinweg) nur sehr wenige Explorationen durchgeführt wurden.

6.2.1 Renault Clio

Während des Autobahn-Szenarios ($n = 17$) wurden im Renault Clio insgesamt 165 Berührungen durchgeführt, davon entfielen 117 (71%) auf das Lenkrad, 27 (16%) auf den Blinkerhebel, 16 (10%) auf den Schaltknauf und 5 (3%) auf den Scheibenwischer. Während des Innenstadt-Szenarios ($n = 16$) berührten die Teilnehmer insgesamt 108 Mal einzelne Elemente, davon 98 Mal (91%) das Lenkrad, 6 Mal (6%) den Blinkerhebel, 3 Mal (3%) den Schaltknauf und 1 Mal (1%) den Scheibenwischer. Aufgrund der extrem großen Differenzen in der Anzahl der Berührungen zwischen dem Lenkrad und den anderen Elementen wurden noch weitere Auswertungen vorgenommen. Es zeigt sich, dass beim Autobahn-Szenario im Clio von $n = 17$ Personen 2 (12%) Personen gar nichts berühren und weitere 7 (41%) Personen nur das Lenkrad berühren, beim Innenstadt-Szenario berühren von $n = 16$ Personen 11 (69%) nur das Lenkrad. Bei der Auswertung nach der Zeitdauer der Berührung ergibt sich beim Autobahnszenario ein Zeitanteil der Berührung des Lenkrads von 87% (32 Minuten und 44 Sekunden von gesamt 37 Minuten und 27 Sekunden), wenn man den Anteil der 2 Personen, die nichts berührt haben wegrechnet, erhält man sogar einen Anteil von 99% (32 Minuten und 44 Sekunden von gesamt 33 Minuten und 27 Sekunden). Beim Innenstadt-Szenario wurde überhaupt von allen Personen immer mindestens eine Hand am Lenkrad belassen.

6.2.2 Renault Laguna

Im Renault Laguna wurden während des Autobahn-Szenarios ($n = 16$) insgesamt 142 Berührungen durchgeführt. Mit 113 Berührungen (80%) wurde das Lenkrad am öftesten berührt, gefolgt vom Blinkerhebel mit 13 (9%), vom Schaltknauf mit 10 (7%) und vom Scheibenwischer mit 2 Berührungen (1%). Die Lenkradhalterung, die Armlehne, die Radiosteuerung am Lenkrad und das Mittelfach wurden jeweils 1 Mal berührt (jeweils rund 1%). Während des Innenstadt-Szenarios ($n = 17$) wurden gesamt 121 Berührungen durchgeführt, davon entfielen 88 (73%) auf das Lenkrad, 26 (21%) auf den Schaltknauf, 6 (5%) auf den Blinkerhebel und 1 (1%) auf die Radiosteuerung. Im Renault Laguna berührten beim Autobahn-Szenario von $n = 16$ Personen 6 (38%) nur das Lenkrad, beim Innenstadt-Szenario berührten von $n = 17$ Personen 2 (12%) Personen nichts und weitere 8 (47%) Personen griffen nur das Lenkrad an. Bezogen auf die Zeitdauer zeigt sich, dass im Autobahn-Szenario das Lenkrad fast immer berührt wurde (35

Minuten 17 Sekunden von 35 Minuten 18 Sekunden, somit fast 100%). Im Innenstadt-Szenario wurde das Lenkrad 34 Minuten und 16 Sekunden von 39 Minuten und 12 Sekunden (87%) berührt, wenn man auch hier den Anteil der 2 Personen, die nichts berührt haben, wegrechnet, erhält man ebenfalls einen Anteil von 99% (34 Minuten und 16 Sekunden von gesamt 34 Minuten und 35 Sekunden).

Es sei darauf hingewiesen, dass die zahlreichen Berührungen des Lenkrads und die meisten Berührungen des Schaltknaufs darauf zurückzuführen sind, dass die Personen die Handhaltung am Lenkrad änderten oder eine Hand vom Lenkrad nahmen und auf den Schaltknopf legten. Darüber hinaus sind die Berührungen des Blinkers auf das Blinken entsprechend des Films zurückzuführen, da die Personen instruiert wurden, sich vorzustellen, wirklich zu fahren. Dieser Umstand spricht gemeinsam mit den wenigen Explorationen dafür, dass die Teilnehmer sich gut in das Fahrszenario hineinversetzen konnten. Auch, dass nur zwei Personen zumindest bei einem Modell während des Fahrszenarios kein Element berührten und eine Person bei keinem Szenario eine Berührung vornahm, spricht für die Glaubwürdigkeit des Settings. Sämtliche Berührungen entsprechen normalen Berührungen während einer Autofahrt. Auch das Studium der Videos erhärtet diesen Befund. Aufgrund dessen, dass die Explorationen der Elemente hauptsächlich darauf zurückzuführen sind, dass die Personen sich in die Fahrsituation hineinversetzten und entsprechend der gezeigten Fahrszene reagierten (z.B.: Blinken), werden diese Daten nicht inferenzstatistisch ausgewertet.

6.3 Autofragebogen V2.0

Da vor allem das Interesse an Autos und das Wissen im Bereich Automobildesign und –technik ein relevantes Unterscheidungsmerkmal zwischen den Personen hinsichtlich ihrer Exploration sein kann, werden die relevanten Skalen aus dem AFB V2.0 hier kurz deskriptiv dargestellt. Die $N = 33$ Teilnehmer teilen sich in 6 *Laien*, 16 *eher Laien*, 10 *eher Experten* und 1 *Experten* auf. Somit zeigt sich, dass die Laien (22 Personen) in der Stichprobe überrepräsentiert sind. Diese Verteilung ist ein generelles Problem des Fragebogens, der für eine Stichprobe der Normalbevölkerung in den unteren und mittleren Wissensbereichen zu wenig trennscharf ist (siehe z.B. Haas, 2009). Daher wurden die Teilnehmer mittels eines Mediansplits ($Mdn = 17$) in Laien und Experten geteilt. Bezüglich des Interesses für das Thema Autos verteilte sich die Stichprobe in 13 *nicht Interessierte*, 13 *mittel Interessierte* und 7 *hoch Interessierte*.

6.4 Evaluationsfragebogen

Die im Fragebogen erfassten Bereiche wurden durchwegs sehr positiv bewertet. Sowohl beim Renault Clio als auch beim Renault Laguna erzielte kein Bereich einen

Mittelwert unter $M = 5.00$ (Mittelwert der Standardabweichungen = 1.34) (siehe Tab. 6.4). Der Innenraum des Renault Clio erhielt ein mittleres Gefallen von $M = 6.06$ ($SD = 1.03$), der Innenraum des Renault Laguna ein mittleres Gefallen von $M = 6.39$ ($SD = 0.74$). Dieser Unterschied ist auf einem Signifikanzniveau von .05 (einseitig) signifikant ($t(32) = -2.24$, $p = .03$, $r = .37$). Der Innenraum des Renault Laguna gefiel somit besser als der des Renault Clio.

Tab. 6.4: Gültige Fälle, Mittelwerte und Standardabweichungen der Fragen zum Gefallen der Innenraumelemente in beiden Modellen

	Renault Clio			Renault Laguna		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Gefallen Innenraum Gesamt	33	6.06	1.03	33	6.39	0.70
Gefallen Lenkrad	33	6.00	1.23	33	6.30	0.88
Gefallen Schaltknauf	32	6.22	0.75	33	6.12	0.96
Gefallen Handbremse	30	5.67	1.32	23	5.00	1.73
Gefallen Klimaanlage	27	5.70	1.07	27	6.00	0.92
Gefallen Radio	33	5.58	1.64	29	5.76	1.41
Gefallen Fensterheber	30	6.00	0.87	29	6.03	0.98
Gefallen Radio Lenkrad	23	6.00	1.00	28	6.11	1.17
Gefallen Instrumente	31	5.90	1.056	31	6.06	1.32
Gefallen Sonnenblende	25	5.96	0.89	23	5.83	0.89
Gefallen Rückspiegel	30	5.87	1.07	31	5.90	1.01
Gefallen Regelung Beleuchtung	20	5.70	1.34	20	6.00	1.08
Gefallen Blinker	29	5.62	1.47	29	5.62	1.55
Gefallen Licht	26	5.96	0.92	24	5.71	1.08
Haptik Lenkrad	33	5.94	1.25	33	6.39	0.86
Haptik Sitz	33	6.33	0.60	33	6.52	0.57
Haptik Schaltknauf	31	6.19	0.83	31	6.16	0.82
Haptik Fensterheber	23	5.91	0.95	26	6.08	0.89

6.5 Inferenz Statistik

In diesem Abschnitt werden zuerst Vergleiche zwischen den Modellen angestellt, danach werden Unterschiede in der Exploration von verschiedenen Bereichen für beide Modelle getrennt dargestellt. Als Letztes folgt noch die Darstellung der Ergebnisse der aufgestellten Hypothesen zum Unterschied zwischen Laien und Experten, Männern und Frauen und verschiedenen Altersgruppen.

6.5.1 Unterschiede zwischen den Modellen

Der Vergleich beider Modelle hinsichtlich der Gesamtanzahl an Explorationen ergab in einem t -Test keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Renault Clio ($M = 30.67$, $SE = 2.46$) und dem Renault Laguna ($M = 36.67$, $SE = 3.68$) ($t(32) = -1.88$, $p = .07$ (zweiseitig)). Betrachtet man hingegen die Unterschiede in der Zeitdauer der Exploration zeigte sich zwischen dem Renault Clio ($M = 01:57$, $SE = 00:09$) und dem Renault Laguna ($M = 02:26$, $SE = 00:12$) ein signifikanter Unterschied ($t(32) = -3.79$, $p = .001$ (zweiseitig), $r = .56$). Bezüglich der reinen Explorationen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, bei der Dauerberührung zeigten sich hingegen signifikante Unterschiede zwischen den Modellen, $t(32) = -2.19$, $p = .04$ (zweiseitig), $r = .36$; $M_{Clio} = 13.42$, $SE_{Clio} = 1.49$; $M_{Laguna} = 17.39$, $SE_{Laguna} = 2.05$. Abhängige t -Tests bezüglich der Hand, mit der die Exploration vorgenommen wurde, zeigten nur einen signifikanten Unterschied zwischen den Modellen bei der Exploration mit beiden Händen gleichzeitig ($t(32) = -2.15$, $p = .04$ (zweiseitig), $r = .36$; $M_{Clio} = 3.67$, $SE_{Clio} = 0.45$; $M_{Laguna} = 5.12$, $SD_{Laguna} = 0.80$). Bei der Berührung mit der linken oder rechten Hand zeigten sich keine signifikanten Differenzen.

Unterschiede zwischen Personen. Nun soll die Hypothese geprüft werden, ob sich die Personen im Ausmaß der Exploration der beiden Modelle unterscheiden. Dazu wurden Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung mit dem Unterscheidungsmerkmal als Zwischensubjektfaktor (Mixed Design ANOVA) mit der absoluten Zeitdauer der Exploration als abhängige Variable (AV) durchgeführt. Diese zeigten für *Modell* (Innersubjektfaktor) \times *Altersgruppe* (Zwischensubjektfaktor) wie schon oben einen signifikanten Haupteffekt für *Modell* ($F(1, 30) = 13.27$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .31$). Wie auch schon im globaleren t -Test gezeigt, wurde der Renault Laguna signifikant länger exploriert. Die anderen Effekte erwiesen sich als nicht signifikant (Haupteffekt *Altersgruppe*: $F(2, 30) = 0.08$, $p = .93$ und Wechselwirkung *Modell* \times *Altersgruppe*: $F(2, 30) = 0.03$, $p = .97$). Bezüglich der Expertise der Personen zeigte eine Mixed Design ANOVA mit *Modell* \times *Expertise* ähnliche Effekte, auch hier zeigte sich ein Haupteffekt des *Modells* ($F(1, 31) = 15.35$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .33$) und die anderen Effekte waren nicht signifikant (Haupteffekt *Expertise*: $F(1, 31) = 0.68$, $p = .42$, und Wechselwirkung *Modell* \times *Altersgruppe*: $F(1, 31) = 2.45$, $p = .13$). Letztendlich zeigte sich auch bei *Modell* \times *Geschlecht* der Versuchspersonen in einer Mixed Design ANOVA auch nur ein Effekt für das *Mo-*

dell ($F(1, 31) = 14.83, p = .001, \eta_p^2 = .32$) und keine signifikanten Effekte für den Faktor *Geschlecht* ($F(1, 31) = .08, p = .78$) und die Wechselwirkung ($F(1, 31) = 3.02, p = .09$). Die Ergebnisse bezüglich des Unterschieds zwischen den Geschlechtern sprechen gegen die Hypothese, dass sich die Geschlechter in der Häufigkeit der Exploration unterscheiden. Auch die Hypothese, dass sich Laien und Experten hinsichtlich der Explorationshäufigkeit unterscheiden, kann nicht angenommen werden. Bezüglich des Alters der Teilnehmer zeigen sich Hinweise, dass auch in diesen Personenfaktoren kein Unterschied in der Explorationshäufigkeit besteht.

6.5.2 Unterschiede zwischen den Bereichen

Um festzustellen, ob bestimmte Bereiche in den Modellen signifikant häufiger exploriert wurden als andere, wurde der Innenraum der beiden Modelle in sieben Bereiche unterteilt (siehe Abb. 6.3). Sowohl der Innenraum des Renault Clio als auch des Renault Laguna gliedern sich in:

1. das Lenkrad mit Umgebung
2. die Mittelkonsole
3. die Tunnelkonsole
4. die Sitze
5. der Bereich der Fahrertür (Bereich linke Seite des Innenraums)
6. der obere Bereich
7. der Beifahrerbereich



Abb. 6.3: Bereiche im Renault Clio (die Nummern geben die Anzahl der Elemente je Bereich an)

6.5.2.1 Renault Clio

Gesamtdaten. Eine ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) für *Bereich* mit den relativen Häufigkeiten aller Explorationen pro Bereich als AV ergab einen signifikanten Effekt von *Bereich*, $F(2.7, 86.38) = 88.01^{14}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .73$. Paarweise Vergleiche¹⁵ zeigten, dass der Bereich Lenkrad und Umgebung ($M = .51$, $SE = 0.03$) signifikant häufiger berührt wurde als die anderen Bereiche (alle Einzelvergleiche $p < .001$). Ebenso erwies sich die Tunnelkonsole ($M = .20$, $SE = 0.02$) als signifikant unterschiedlich von den anderen Bereichen (alle Einzelvergleiche $p \leq .001$). Alle anderen Einzelvergleiche waren nicht signifikant (siehe Tabelle C2.1.3 im Anhang C2). Dieselbe Auswertung mit der Zeitdauer der Exploration als abhängige Variable zeigte sehr ähnliche Resultate (siehe Anhang C2, Tab. C2.2.1 bis C2.2.3). Die gefundenen Unterschiede könnten vor allem auf die extrem häufige Berührung (Dauerberührung) des Lenkrads und des Schaltknaufs zurückzuführen sein. Um dies zu adressieren, werden nun nur die *echten* Explorationen anstatt der Gesamtdaten zur Berechnung herangezogen.

Echte Explorationen. Betrachtet man nur die *echten* Explorationen ohne die Dauerberührungen, ergab sich in einer ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) mit den relativen Häufigkeiten der *echten* Explorationen pro Bereich als AV ebenfalls ein signifikanter Effekt von *Bereich* ($F(2.74, 87.76) = 19.67^{16}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .38$). Durch paarweise Vergleiche zeigte sich, dass sich die Bereiche Lenkrad und Umgebung ($M = .31$, $SE = 0.02$) und Tunnelkonsole ($M = .24$, $SE = 0.02$) signifikant von den übrigen Bereichen unterschieden (alle Einzelvergleiche $p < .001$). Dadurch werden die Ergebnisse der Gesamtexploration bestätigt. Es zeigt sich, dass die signifikant unterschiedlichen Explorationshäufigkeiten von Lenkrad und Umgebung und Tunnelkonsole nicht nur durch eine höhere Dauerberührung der beiden Bereiche erklärt werden können. Der einzige Unterschied zwischen den Gesamtdaten und den *echten* Explorationen besteht darin, dass bei der *echten* Exploration die beiden Bereiche Lenkrad und Tunnelkonsole nicht mehr signifikant unterschiedlich oft exploriert wurden. Dieselbe Auswertung mit der Zeitdauer der *echten* Exploration als AV zeigte ähnliche Resultate (siehe Anhang C2, Tab. C2.4.1 bis C2.4.3).

Zeitverläufe. Um den Verlauf der Explorationen genauer zu beleuchten, wurde die Gesamtdauer der Exploration jeder Person in drei gleich lange Abschnitte geteilt. Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) mit dem Faktor *Zeitabschnitt* als Innersubjektfaktor und der Gesamthäufigkeit der Ex-

¹⁴ Da die Sphärizitätsvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 101.11$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .45$) korrigiert.

¹⁵ Die kritischen Signifikanzwerte aller Einzelvergleiche wurden nach dem Verfahren von Sidak korrigiert.

¹⁶ Da die Sphärizitätsvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 86.99$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .46$) korrigiert.

plorationen als abhängige Variable zeigte einen signifikanten Effekt von *Zeitabschnitt* ($F(2, 64) = 4.07, p = .02, \eta_p^2 = .11$). Paarweise Vergleiche zeigten, dass sich der erste Zeitabschnitt ($M = 11.70, SE = 1.02$) und der dritte Zeitabschnitt ($M = 8.94, SE = 0.90$) signifikant in der Häufigkeit der Explorationen unterscheiden ($p = .01$) (siehe Abb. 6.4). Mittels einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) mit den Faktoren *Zeitabschnitt* und *Bereich* wurde geprüft, ob sich die Häufigkeit der Explorationen der Bereiche über die Zeitgruppen hinweg signifikant unterscheiden. Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt von *Bereich* ($F(2.24, 69.46) = 100.61^{17}, p < .001, \eta_p^2 = .76$), hingegen erwies sich die Interaktion *Zeitabschnitt* \times *Bereich* als nicht signifikant ($F(5.28, 163.61) = 1.07^{18}, p = .37$). Die Darstellung der Kennwerte für den Faktor *Zeitabschnitt* ist durch die Definition der Zeitbereiche in drei gleich lange Zeitgruppen zu vernachlässigen (darüber hinaus in SPSS auf Grund der logischerweise geringen Effekte gar nicht angegeben). Über die Zeit gibt es also keine Unterschiede in der Berührungshäufigkeit der Teile. In keinem der drei Zeitabschnitte wurden einzelne Bereiche signifikant unterschiedlich oft exploriert.

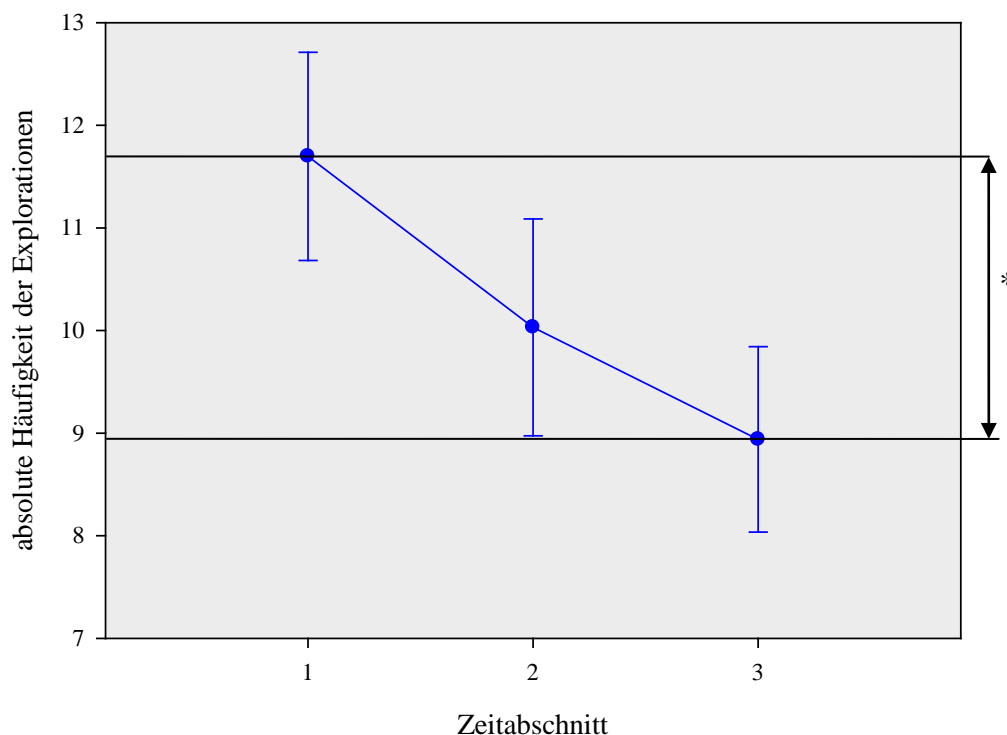


Abb. 6.4: Renault Clio: Mittelwerte der Berührungshäufigkeit über die Zeit, * = $p < .05$;

¹⁷ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 127.91, p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .37$) korrigiert.

¹⁸ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(77) = 200.69, p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .44$) korrigiert.

Erstkontakt. Nachdem die Häufigkeit der Exploration im Zeitverlauf betrachtet wurde, soll nun erkundet werden, ob ein Bereich oder ein Element im Innenraum signifikant öfter als erstes nach dem Einsteigen exploriert wird. Es sei darauf hingewiesen, dass Berührungen während des Einsteigens und der Einstellung einer bequemen Sitzhaltung nicht berücksichtigt wurden (siehe Methodenteil). Da wie schon mehrmals angemerkt, vor allem die *echten* Explorationen als bewusster Kontakt mit den Elementen interpretiert werden können, sollen auch diese zur Darstellung der ersten Exploration verwendet werden. Um nur die ersten Explorationen zu erfassen und in eine korrekte Rangreihe zu bringen, wurden zuerst alle Zeitpunkte, bei denen kein Element berührt wurde, gelöscht. Weiters wurden alle wiederholten Explorationen eines Bereichs nicht beachtet. Somit konnten rein die ersten Explorationen je Element pro Person ranggeordnet werden. Um Unterschiede zwischen den Bereichen zu ermitteln wurden die mittleren Rangreihen je Bereich durch Mittelung der Ränge der Elemente im Bereich errechnet und diese in einer ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) verglichen. Hier zeigte sich ein signifikanter Effekt für *Bereich* ($F(4.72, 151.00) = 12.05^{19}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .27$). Paarweise Vergleiche bei den Kombinationen Bereich Lenkrad und Umgebung ($M = 9.29$, $SE = 0.49$) mit dem Bereich Sitz ($M = 12.30$, $SE = 0.71$, $p < .001$), mit dem Bereich Oben ($M = 11.06$, $SE = 0.66$, $p < .04$) und mit dem Bereich Beifahrer ($M = 12.06$, $SE = 0.78$, $p < .001$) wiesen signifikante Unterschiede auf. Weiters unterschieden sich die Ränge im Mittel bei der Kombination Tunnelkonsole ($M = 9.18$, $SE = 0.52$) mit der Mittelkonsole ($M = 10.76$, $SE = 0.56$, $p = .02$), mit dem Bereich Sitz ($p < .001$), mit dem Bereich Oben ($p = .02$) und mit dem Bereich Beifahrer ($p < .001$). Auch der Unterschied zwischen den Bereichen Sitz und linke Seite ($M = 10.51$, $SE = .59$) zeigte sich signifikant ($p = .01$). Auch das Diagramm (Abb. 6.5) zeigt, dass das Lenkrad und die Umgebung und die Tunnelkonsole im Vergleich zu den anderen Bereichen als erstes berührt werden und der Bereich der Sitze und des Beifahrers eher später. Da das Lenkrad und der Schaltknauf die Top-Zwei Elemente in der Häufigkeit der *echten* Exploration sind, wurde geprüft, ob hauptsächlich die beiden Elemente das gefundene Ergebnis der Rangplätze bedingen. In einem abhängigen t -Test zeigte sich nämlich zudem, dass der mittlere Rangplatz aus Lenkrad und Schaltknauf ($M = 4.38$, $SE = .42$) signifikant niedriger war, als der mittlere Rangplatz aus den übrigen Elementen ($M = 10.95$, $SE = .54$) ($t(32) = -10.23$, $p < .001$ (einseitig), $r = .87$). Eine ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) für *Bereich*, ohne die Ränge für Lenkrad und Schaltknauf, zeigte dieselben Resultate für den Bereich Lenkrad und Umgebung. Daher scheinen der Effekt des Bereichs und die frühe Berührung von Lenkrad und Umgebung nicht rein von der frühen Berührung des Lenkrads abzuhängen. Hingegen profitiert der Bereich der Tunnelkonsole maßgeblich von der frühen Berührung des Schaltknaufts, da der Bereich ($M = 10.56$, $SE = .65$) sich nun nur

¹⁹ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 36.10$, $p = .02$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .79$) korrigiert.

mehr von den Bereichen Beifahrer ($p = .02$) und Sitze ($p < .001$) signifikant unterscheidet.

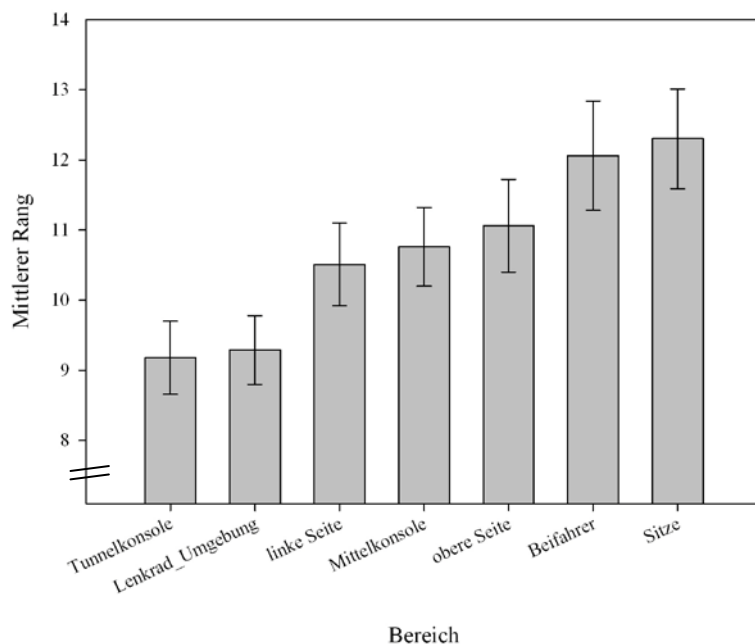


Abb. 6.5: Renault Clio: Mittlerer Rang nach Bereichen

Unterschiede zwischen Personen. Auch wenn sich verschiedene Altersgruppen, Männer und Frauen und Experten und Laien, wie weiter oben gezeigt wurde, nicht signifikant voneinander in der Zeitdauer der gesamten Exploration unterschieden, so könnten trotzdem Unterschiede in der Häufigkeit der Exploration einzelner Bereiche zwischen den angeführten Personengruppen existieren. Daher soll nun geprüft werden, ob sich die Gruppen hinsichtlich der Exploration der einzelnen Bereiche signifikant voneinander unterscheiden. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit *Bereich* als Innersubjektfaktor und *Altersgruppe* als Zwischensubjektfaktor (Mixed Design ANOVA) (AV = absolute Summe der Explorationen je Bereich im Renault Clio) ergab, wie schon zuvor einen signifikanten Haupteffekt für den *Bereich* ($F(2.29, 68.74) = 72.68^{20}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .71$), keinen signifikanten Haupteffekt für *Altersgruppe* ($F(2, 30) = 0.96$, $p = .39$), aber eine signifikante Wechselwirkung für *Bereich x Altersgruppe* ($F(4.58, 68.74) = 2.47$, $p = .05$, $\eta_p^2 = .14$). Anhand der Plots (Abb. 6.6) lässt sich erkennen, dass die signifikante Interaktion auf die Unterschiede in der Häufigkeit der Berührungen des Lenkrads und der Umgebung zurückzuführen ist. Denn die Teilnehmer der mittleren Altersgruppe berührten das Lenkrad und dessen Umgebung im Mittel öfter ($M = 18.75$, $SE = 2.24$) als die ältesten Teilnehmer ($M = 11.10$, $SE = 2.46$). Beim Vergleich der Bereiche mit dem Geschlecht der Versuchspersonen erwies sich der bekannte Haupteffekt

²⁰ Da die Sphärizitätsvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 149.63$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .38$) korrigiert.

von *Bereich* ($F(2.15, 66.71) = 67.76^{21}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .69$) als signifikant, hingegen gab es weder einen signifikanten Haupteffekt von *Geschlecht* ($F(1, 31) = 0.02$, $p = .90$), noch eine signifikante Wechselwirkung zwischen *Bereich* und *Geschlecht* ($F(2.15, 66.71) = 0.43$, $p = .67$). Eine Mixed Design ANOVA mit *Bereich* als Innersubjektfaktor und *Expertise* als Zwischensubjektfaktor erzielte ähnliche Ergebnisse, einen signifikanten Haupteffekt von *Bereich* ($F(2.07, 64.04) = 70.44^{22}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .69$), keinen signifikanten Haupteffekt von *Expertise* ($F(1, 31) = 0.75$, $p = .39$), keine signifikante Wechselwirkung zwischen *Bereich* und *Expertise* ($F(2.07, 64.04) = 1.50$, $p = .23$). Somit unterstreichen die Ergebnisse im Bezug auf den Unterschied zwischen Experten und Laien und zwischen Männern und Frauen für den Clio die globaleren Ergebnisse von vorher. Im Bezug auf die Altersgruppen zeigen sich spezielle Effekte für das Lenkrad und dessen Umgebung, bei den anderen Bereichen zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

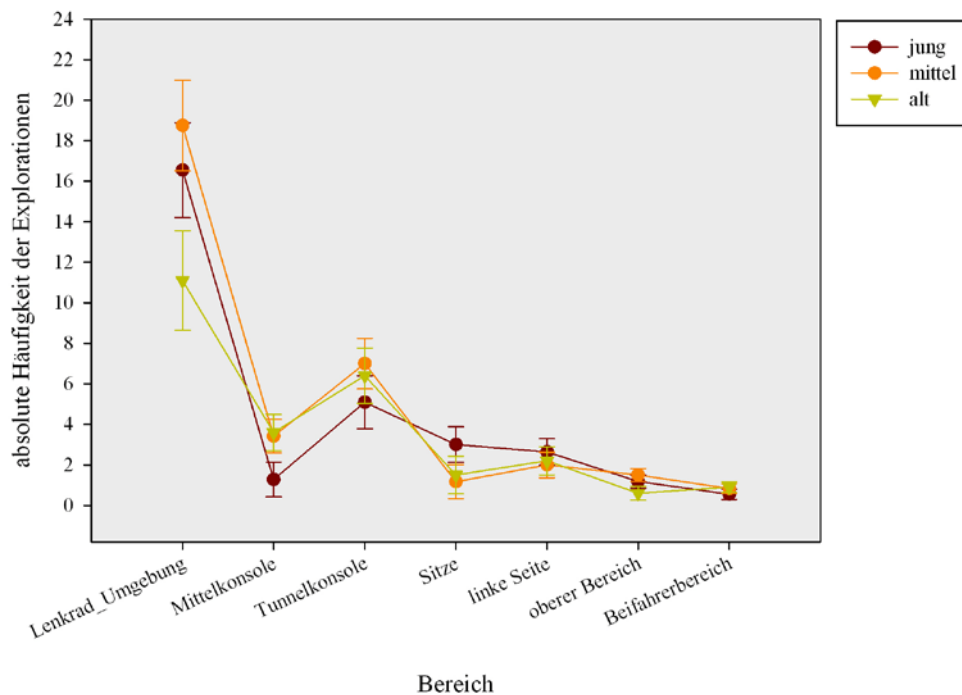


Abb. 6.6: Renault Clio: Mittelwerte und Standardfehler der Mittelwerte der absoluten Explorationshäufigkeit je Bereich getrennt nach Altersgruppen

6.5.2.2 Renault Laguna

Gesamtdaten. Für den Renault Laguna zeigte eine ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) mit den relativen Häufigkeiten aller Explorationen pro Bereich als AV ebenfalls einen signifikanten Effekt für *Bereich*, $F(2.08$,

²¹ Da die Sphärizitätsvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 166.70$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .36$) korrigiert.

²² Da die Sphärizitätsvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 171.10$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .34$) korrigiert.

66.64) = 84.30²³, $p < .001$, $\eta_p^2 = .76$. Auch hier ergaben paarweise Vergleiche einen signifikanten Unterschied zwischen dem Bereich Lenkrad und Umgebung ($M = .52$, $SE = 0.03$) und den übrigen sechs Bereichen (alle Einzelvergleiche $p < .001$) und ebenso einen signifikanten Unterschied zwischen der Tunnelkonsole ($M = .23$, $SE = 0.03$) und den übrigen Bereichen (alle Einzelvergleiche $p < .05$). Eine Auswertung der Zeitdauer der Gesamtexploration nach Bereich zeigte vergleichbare Resultate (siehe Anhang C2, Tab. C2.13.1 bis C2.13.3).

Echte Explorationen. Bezüglich der relativen Häufigkeit der *echten* Explorationen zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Effekt für *Bereich*, $F(2.66, 85.10) = 7.57$ ²⁴, $p < .001$, $\eta_p^2 = .19$. Einzelvergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Bereichen Lenkrad und Umgebung ($M = .40$, $SE = 0.05$), Mittelkonsole ($M = .51$, $SE = 0.12$), Tunnelkonsole ($M = .26$, $SE = 0.03$) und den Bereichen Sitz ($M = .05$, $SE = 0.01$) und oberer Bereich ($M = .06$, $SE = 0.01$) (alle Vergleiche $p < .05$). Auch für den Renault Laguna kann durch diese Ergebnisse bestätigt werden, dass die signifikant höhere Häufigkeit der Exploration des Lenkrads und des Umfelds und der Tunnelkonsole nicht nur durch die häufige Dauerberührung des Lenkrads und des Schaltknaufs zustande gekommen ist. Im Vergleich zum Renault Clio ist aber die Mittelkonsole im Laguna ein innerhalb der Bereiche häufiger berührter Bereich. Auch hier zeigte eine Auswertung der Zeitdauer ähnliche Ergebnisse (siehe Anhang C2, Tab. C2.15.1 bis C2.15.3).

Zeitverläufe. Im Renault Laguna zeigte sich der Unterschied zwischen den Zeitabschnitten in der Häufigkeit der Gesamtexplorationen ebenfalls signifikant ($F(1.68, 53.87) = 6.14$ ²⁵, $p = .01$, $\eta_p^2 = .16$). Einzelvergleiche zeigten einen signifikanten Unterschied ($p = .001$) zwischen dem ersten Zeitabschnitt ($M = 14.12$, $SE = 1.60$) und dem dritten Zeitabschnitt ($M = 10.03$, $SE = 1.34$) (siehe Abb. 6.7). Eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren *Zeitabschnitt* und *Bereich* ergab, wie auch die einfaktorielle ANOVA einen Haupteffekt von *Bereich* ($F(1.84, 57.09) = 83.11$ ²⁶, $p < .001$, $\eta_p^2 = .73$). Hingegen erwies sich die Interaktion *Zeitabschnitt* \times *Bereich* als nicht signifikant ($F(4.82, 149.54) = 1.99$ ²⁷, $p = .09$). Somit zeigen sich auch beim Renault Laguna keine Unterschiede in der Häufigkeit der Exploration über die Zeit. In keinem Zeitabschnitt wurden die Bereiche signifikant unterschiedlich exploriert.

²³ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 165.71$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .35$) korrigiert.

²⁴ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 154.55$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .44$) korrigiert.

²⁵ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(2) = 6.46$, $p = .04$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .84$) korrigiert.

²⁶ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 185.20$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .31$) korrigiert.

²⁷ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(77) = 250.93$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\varepsilon = .40$) korrigiert.

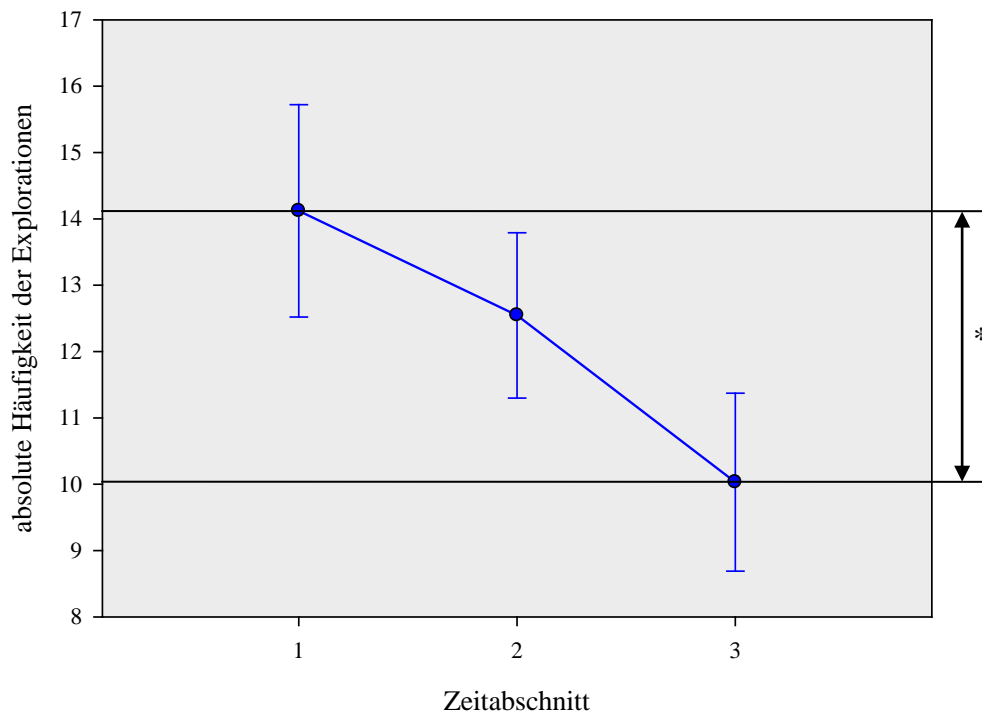


Abb. 6.7: Renault Laguna: Mittelwerte der Berührungshäufigkeit über die Zeit, * = $p < .05$;

Erstkontakt. Beim Renault Laguna zeigte ein Vergleich der Rangplätze der ersten Exploration einen signifikanten Effekt für *Bereich* ($F(4.47, 142.93) = 18.18^{28}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .36$). Paarweise Vergleiche zeigten signifikante Unterschiede zwischen dem Bereich Lenkrad und Umgebung und allen anderen Bereichen außer der Tunnelkonsole (alle Einzelvergleiche $p < .001$) sowie signifikante Unterschiede zwischen dem Bereich Tunnelkonsole und allen anderen Bereichen außer dem Bereich Lenkrad und Umgebung (alle Einzelvergleiche $p < .001$). Im Balkendiagramm (Abb. 6.8) ist gut ersichtlich, dass die beiden Bereiche Lenkrad und Umgebung und Tunnelkonsole relativ früh berührt wurden, während alle anderen Bereiche eher später berührt wurden. Auch hier zeigte ein abhängiger t -Test, dass der mittlere Rang aus Lenkrad und Schaltknauf ($M = 4.65$, $SE = .52$) signifikant niedriger war als der mittlere Rangplatz aus den restlichen Elementen ($M = 11.75$, $SE = .76$) ($t(32) = -8.09$, $p < .001$ (einseitig), $r = .82$). Daher wurde auch hier eine zusätzliche ANOVA mit Messwiederholung (Repeated Measurement ANOVA) für *Bereich* ohne Lenkrad und Schaltknauf durchgeführt. Diese zeigte im Gegensatz zum Renault Clio keine besonderen Änderungen. Somit hängen der Effekt des Bereichs und die frühe Berührung von Lenkrad und Umgebung und von der Tunnelkonsole nicht von der frühen Berührung des Lenkrads und des Schaltknaufts ab. Die beiden Bereiche werden auch ohne diese als erste exploriert.

²⁸ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 41.32$, $p = .004$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .74$) korrigiert.

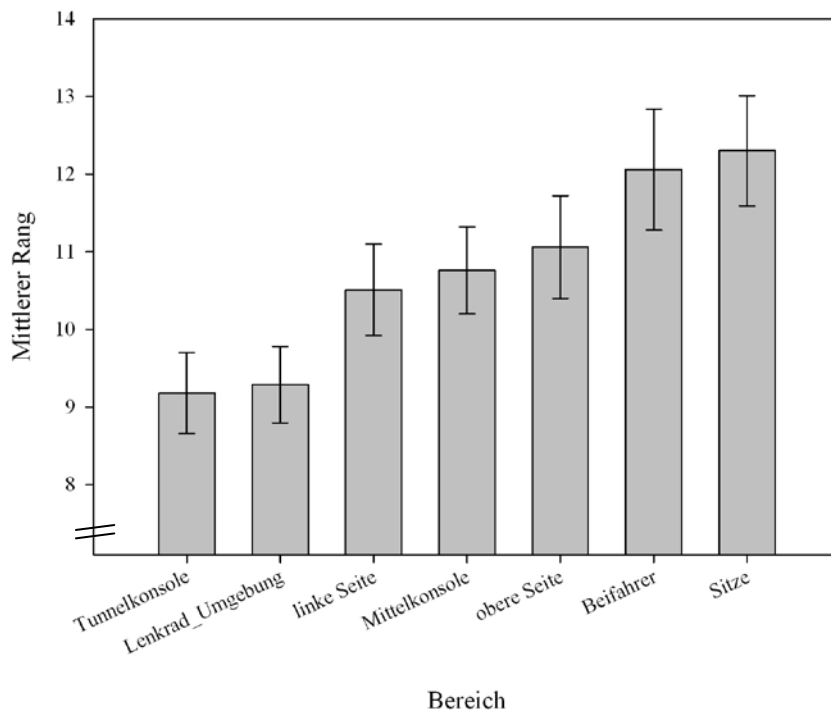


Abb. 6.8: Renault Laguna: Mittlerer Rang nach Bereichen

Unterschiede zwischen Personen. Beim Renault Laguna wurde ebenfalls analysiert, ob sich verschiedene Altersgruppen, Männer und Frauen und Laien und Experten hinsichtlich der Häufigkeit der Explorationen in den einzelnen Bereichen unterscheiden. Hier zeigten sich für keinen der Unterschiede signifikante Ergebnisse. Eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit *Bereich* als Innersubjektfaktor und *Altersgruppe* als Zwischensubjektfaktor (Mixed Design ANOVA) (AV = absolute Summe der Explorationen je Bereich im Renault Laguna) ergab den signifikanten Haupteffekt für den *Bereich* ($F(1.60, 47.98) = 52.41^{29}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .64$), keinen signifikanten Haupteffekt für *Altersgruppe* ($F(2, 30) = 1.10$, $p = .35$) und keine signifikante Wechselwirkung für *Bereich x Altersgruppe* ($F(3.19, 47.98) = 1.80$, $p = .16$) (siehe Abb. 6.9). Auch in der Mixed Design ANOVA mit *Bereich x Geschlecht* (*Bereich*: $F(1.48, 45.80) = 52.99^{30}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .63$; *Geschlecht*: $F(1, 31) = 2.03$, $p = .17$; *Bereich x Geschlecht*: $F(1.47, 45.08) = 1.97$, $p = .16$, und in der Mixed Design ANOVA mit *Bereich x Expertise* (*Bereich*: $F(1.51, 46.69) = 51.24^{31}$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .62$; *Expertise*: $F(1, 31) = 0.42$, $p = .52$; *Bereich x Expertise*: $F(1.51, 46.69) = 0.52$, $p = .55$) zeigten sich ähnliche Ergebnisse. Somit bestätigen sich auch beim Renault Laguna die globalen Ergebnisse von oben,

²⁹ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 239.21$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .27$) korrigiert.

³⁰ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 268.73$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .25$) korrigiert.

³¹ Da die Sphärizitätvoraussetzung nicht erfüllt ist ($\chi^2(20) = 264.76$, $p < .001$), wurden die Freiheitsgrade mittels Greenhouse-Geisser Schätzer ($\epsilon = .25$) korrigiert.

dass sich bezogen auf das Alter (Abb. 6.9), das Geschlecht und die Expertise keine Unterschiede zwischen der Häufigkeit der Berührung finden.

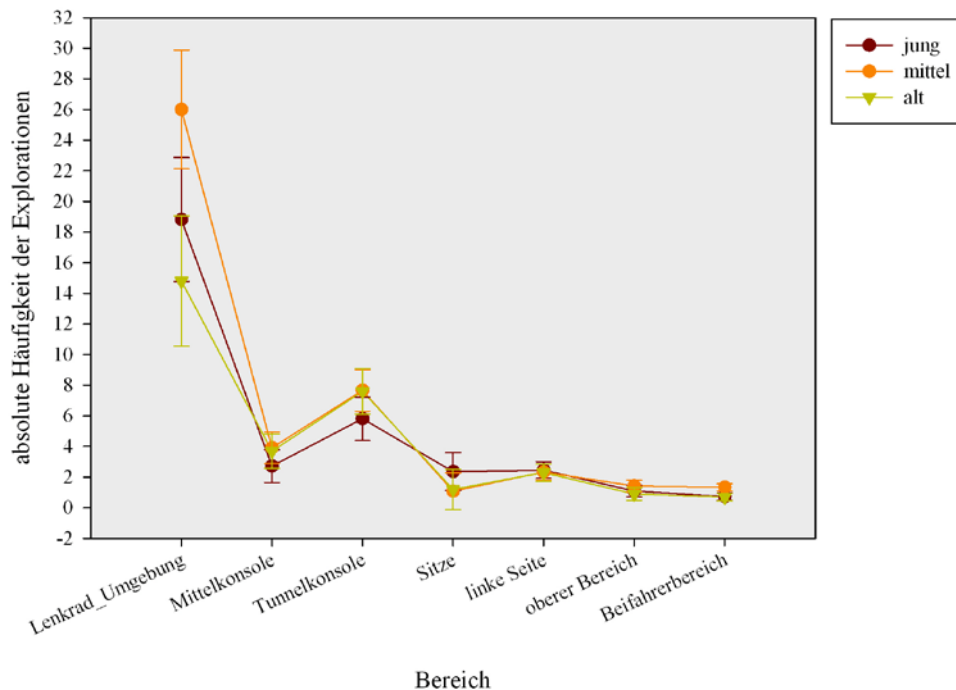


Abb. 6.9: Renault Laguna: Mittelwerte und Standardfehler der absoluten Explorationshäufigkeit je Bereich getrennt nach Altersgruppen

6.5.3 Unterschiede innerhalb der Bereiche

Nachdem gezeigt werden konnte, dass sich die Bereiche in der Häufigkeit, mit der sie berührt werden, signifikant voneinander unterscheiden, soll nun dargestellt werden, inwieweit die Elemente innerhalb dieser Bereiche unterschiedlich oft berührt werden. Hier wurde analog zum Vergleich der Bereiche mit relativen Häufigkeiten gerechnet, die Einzelhäufigkeiten je Element wurden aber nun nicht wie beim Vergleich der Bereiche auf die Gesamtsumme der Explorationen, sondern auf die Summe der Explorationen des korrespondierenden Bereichs bezogen.

6.5.3.1 Renault Clio

Gesamtdaten. Im Renault Clio zeigten sich bei allen sieben Bereichen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Elementen. In Tab. 6.5 sind alle Kennwerte, sowie Korrekturwerte durch Verletzung der Sphärizitätsannahme angegeben. Die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche zwischen den Elementen sind in Anhang C2, Tab. C2.5.3 bis C2.11.3 angegeben. Ein auffälliges Ergebnis erzielten die Einzelvergleiche des Bereichs Mittelkonsole. Hier erwies sich kein Vergleich als signifikant, obwohl ein Haupteffekt für die Elemente vorlag.

Tab. 6.5: Kennwerte der Varianzanalysen mit Messwiederholung für die einzelnen Bereiche im Renault Clio

Bereich	N	Sphärizität				Innersubjektvergleiche				
		χ^2	df	ε	p	F	$df1$	$df2$	p	η_P^2
Lenkrad und Umgebung	7	204.40	20	.28	<.001	192.10	1.69	53.91	<.001	.86
Mittelkonsole	6	-	-	-	.20	2.59	5	115	.03	.10
Tunnelkonsole	5	82.71	9	.60	<.001	32.95	2.41	72.41	<.001	.52
Sitze	5	22.50	9	.58	.01	8.06	2.33	48.82	.001	.28
Bereich der Fahrertür (linke Seite des Innenraums)	4	-	-	-	.37	6.77	3	78	<.001	.21
oberer Bereich	3	-	-	-	.20	5.14	2	38	.01	.21
Beifahrerbereich	3	22.92	2	.57	<.001	52.61	1.14	19.30	<.001	.76

Echte Explorationen. Wenn man anstatt der relativen Häufigkeiten der Gesamtdaten die relativen Daten der *echten* Explorationen als abhängige Variable einsetzt, zeigen sich innerhalb der Bereiche dieselben Ergebnisse wie bei den Gesamtdaten, daher wird hier auf die Darstellung dieser verzichtet.

6.5.3.2 Renault Laguna

Gesamtdaten. Auch im Renault Laguna kann für alle der sieben Bereiche ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Elementen festgestellt werden. In Tab. 6.6 sind wiederum jeweils die Kennwerte angegeben. Die Detailergebnisse der paarweisen Vergleiche zwischen den Elementen finden sich in Anhang C2, Tab. C2.16.3 bis C2.22.3.

Tab. 6.6: Kennwerte der Varianzanalysen mit Messwiederholung für die einzelnen Bereiche im Renault Laguna

Bereich	N	Sphärizität				Innersubjektvergleiche				
		χ^2	df	ε	p	F	$df1$	$df2$	p	η_P^2
Lenkrad und Umgebung	7	395.05	20	.26	<.001	137.07	1.53	47.36	<.001	.82
Mittelkonsole	10	242.23	44	.43	<.001	9.54	3.90	105.16	<.001	.26
Tunnelkonsole	5	49.78	9	.52	<.001	22.85	2.09	66.79	<.001	.42
Sitze	5	67.09	9	.42	<.001	5.15	1.66	24.93	.01	.26
Bereich der Fahrertür (linke Seite des Innenraums)	9	226.69	35	.34	<.001	16.73	2.68	69.68	<.001	.39
oberer Bereich	3	-	-	-	.18	4.02	2	34	.03	.19
Beifahrerbereich	3	-	-	-	.06	7.23	2	42	.002	.26

Echte Explorationen. Auch beim Renault Laguna zeigten sich bei der Betrachtung der reinen Explorationen im Vergleich zu den Gesamtdaten keine nennenswerten Unterschiede in den Signifikanzniveaus.

6.5.4 Zusammenhang zwischen Explorationshäufigkeit und Gefallen

Um nachzuprüfen, inwieweit die Häufigkeit der Berührung mit dem Gefallen der Elemente zusammenhängt bzw. ob ein Gegenstand, der häufig berührt wurde, auch besonders gefällt, wurden die absoluten Häufigkeitsdaten der *echten* Explorationen mit den Gefallensratings korreliert. Die Daten der *echten* Explorationen wurden deshalb genommen, da hier nur jene Interaktionen mit den Elementen eingehen, die sichtbar bewusst erscheinen. Von den 13 Elementen, deren Gefallen im Fragebogen beurteilt wurde, wurden nur diese Elemente ausgewählt, bei denen sich mindestens drei Personen in der Häufigkeit der Exploration unterschieden, da sonst die Variabilität der Werte zu gering wäre. Darüber hinaus wurden auch nur die Personen mit einbezogen, die überhaupt ein Gefallensrating abgaben.

6.5.4.1 Renault Clio

Für den Renault Clio zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen dem Gesamtgefallen des Innenraums und der Häufigkeit der *echten* Explorationen ($r = .17$, $p = .17$). Bei den einzelnen Elementen zeigte sich nur bei der Handbremse eine signifikante Korrelation ($r_s = .39^{32}$, $p = .02$) zwischen Häufigkeit und Gefallen, die dem *mere-exposure* Effekt entspricht. Alle anderen Korrelationen erwiesen sich als nicht signifikant (siehe Tab. 6.7). Da es einen Unterschied macht, ob man die Häufigkeit oder die Zeitdauer der *echten* Explorationen betrachtet, wurden auch die Zusammenhänge zwischen der Zeitdauer der *echten* Explorationen und dem Gefallen berechnet. Es zeigten sich hierbei keine nennenswerten Unterschiede in den Signifikanzen (siehe Tab. C2.23.1 in Anhang C2).

Tab. 6.7: Renault Clio: Spearman-Rangkorrelation zwischen Gefallensratings und Häufigkeit der *echten* Exploration der Elemente, * = $p < .05$;

Häufigkeit	Gefallensratings									
	Lenk- rad	Schalt- knauf	Hand- bremse	Klima	Radio	Fenster- heber	Radio- Lenkrad	Sonnen- blende	Licht- Rückspiegel	Blinker- Licht
Lenkrad	.09									
Schaltknauf		-.01								
Handbremse			.39*							
Klima				.12						
Radio					-.06					
Fensterheber						.23				
Radio-Lenkrad							-.13			
Sonnenblende								.03		
Licht- Rückspiegel									.03	
Blinker-Licht										.21

Im Gefallensfragebogen beschäftigten sich vier Fragen mit der Einschätzung der haptischen Qualität von Elementen. Daher stellt sich die Frage, ob und inwieweit die Häufigkeit der *echten* Explorationen und die Einschätzung der haptischen Qualität zusammenhängen. Von den 4 Elementen, deren haptische Qualität im Fragebogen beurteilt wurde, wurden nur diese Elemente ausgewählt, die von mehr als der Hälfte der Personen mindestens einmal berührt wurden und bei denen sich von diesen verbleibenden Personen mindestens drei in der Häufigkeit der Exploration unterschieden. Beim Renault Clio zeigte sich für kein Element eine signifikante Korrelation zwischen Gefallen und haptischer Qualität (siehe Tab. 6.8).

³² Da bei den meisten Bereichen aufgrund der geringen Variabilität der Häufigkeiten keine Normalverteilung der Häufigkeitsdaten vorlag, wurden diese Korrelationen nach Spearman berechnet.

6.6 Ergebnisse der Eye-Tracking Daten

Am Ende des Ergebnisteils sollen nun noch die Ergebnisse der Eye-Tracking Daten aus der Diplomarbeit von Berger (2010) dargestellt werden, um im Diskussions- teil eine umfassende Besprechung der gesamten Untersuchung zu ermöglichen. Die Ergebnisse werden ohne statistische Kennwerte berichtet, diese können aber in ihrer Arbeit *Topographical maps for detecting relevance fields in car interiors - an eyetracking approach* (Berger, 2010) nachgelesen werden.

Berger (2010) unterteilte die Innenräume der Modelle, aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen der visuellen Exploration, in leicht unterschiedliche Bereiche. Sie unterschied die Instrumente, das Lenkrad, die Mittelkonsole, die Schaltknaufregion, die linke Seite mit der Fahrertüre, die Beifahrerseite und die Decke. Im Renault Clio zeigte sich, dass sich die relative Zeitdauer der Betrachtung zwischen den Bereichen unterschied. Die Mittelkonsole, die Instrumente und das Lenkrad wurden signifikant länger betrachtet als die Schaltknaufregion, die Beifahrerseite und die Decke. Es zeigten sich weder für das Geschlecht der Teilnehmer noch für die Expertise der Teilnehmer signifikante Effekte in der Betrachtungszeit. Innerhalb der Bereiche zeigten sich jeweils signifikante Unterschiede zwischen den Elementen. Bezüglich des Geschlechts und der Expertise der Teilnehmer erwiesen sich fast alle Vergleiche als nicht signifikant, allein in der Lenkrad Region ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen. Eine Auswertung nach fünf Zeitabschnitten ergab, dass zum Beginn der Exploration Unterschiede in der Betrachtungsdauer bestanden, die aber in den letzten Segmenten nicht mehr auftraten. Bezogen auf die erste Fixation der Personen zeigte sich, dass die Instrumente, das Lenkrad und die Mittelkonsole signifikant früher betrachtet werden als die Beifahrerseite und die Decke.

Auch im Renault Laguna gab es einen signifikanten Effekt für den Bereich. Die Mittelkonsole wurde signifikant länger betrachtet, als alle anderen Bereiche mit Ausnahme des Lenkrads. Es zeigten sich keine Unterschiede bezüglich des Geschlechts der Teilnehmer. Hingegen unterschieden sich technische Experten und technische Laien in der Betrachtungszeit. Experten betrachteten die Bereiche länger als Laien. Innerhalb der Bereiche zeigten sich jeweils signifikante Unterschiede zwischen den Elementen. Hingegen erwiesen sich keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern oder bezüglich der Expertise als signifikant. Im Renault Laguna zeigten sich über die Zeit keine Unterschiede in der Betrachtungsdauer. Bezüglich der ersten Fixation zeigte sich, dass auch hier die Instrumente früher als die anderen Elemente berührt werden.

Im Fahrszenario zeigte sich für den Renault Clio bei einem Vergleich zwischen den Bereichen und den Szenarien ein signifikanter Haupteffekt für den Bereich und eine Wechselwirkung zwischen Bereich und Szenario. Innerhalb der Szenarien wurde jeweils die Straße am längsten betrachtet. Beim Renault Laguna erwies sich nur der Un-

terschied zwischen den Bereichen als signifikant. Wobei auch hier innerhalb der Szenarien die Straße am längsten betrachtet wurde.

Die Korrelationen zwischen dem Gefallensrating für einzelne Elemente und deren Betrachtungsdauer waren durchwegs nicht signifikant. Interessanterweise waren die höchsten Korrelationen eher, wenn auch nicht signifikant, negativ.

7 Diskussion

7.1 Generelle Diskussion

Diese Arbeit hat einerseits die Beschreibung der Explorationen von Personen in einem Autoinnenraum in einem natürlichen Umfeld und realistischem Setting und andererseits die Überprüfung dieser Vorgänge hinsichtlich ihrer Passung auf den *state of the art* in der Innenraumgestaltung zum Ziel. Der Versuchsaufbau erwies sich in großen Teilen als passend, um die Aktionen der Personen umfassend aufzuzeichnen und der Auswertung zugänglich zu machen. Sowohl die deskriptiven als auch die inferenzstatistischen Ergebnisse zeichnen ein klares Bild vom Ablauf und dem Fokus der Exploration im Autoinnenraum. Die am Beginn der Arbeit, aufgrund der Ergebnisse aus der Literatur (Bernstein, et al., 2001) über die Zentralität und Wichtigkeit der fahrrelevanten Elemente und Bereiche, geäußerte Vermutung erhärtete sich in der Auswertung. Die fahrrelevanten Informationen und Bedienelemente wie das Lenkrad und der Schaltknauf zeigten sich als die am häufigsten explorierten Teile im Innenraum. Das Lenkrad als Zentrum des Innenraums aus der Fahrerperspektive ist sowohl ein früher als auch ein häufiger Anlaufpunkt für die Explorationen. Alle Auswertungen zeigten ausnahmslos die Zentralität dieses Elements im Innenraum. Auch die Elemente, die sich um das Lenkrad befinden und für das Fahren relevant sind, wie der Blinkerhebel und der Scheibenwischer, erhielten eine große Aufmerksamkeit, die durch eine häufige Exploration gekennzeichnet ist. Somit ist der Bereich um und mit dem Lenkrad für den Fahrer ein, wenn nicht der, zentrale Bereich im Innenraum. Der Schaltknauf ist fast auf die gleiche Stufe wie das Lenkrad zu stellen. Auch er wurde im Vergleich zu den anderen Elementen sehr früh und übermäßig häufig berührt. Die den Schaltknauf beherbergende Tunnelkonsole gilt somit als zweiter zentraler Bereich im Innenraum, da auch die Handbremse, welche ein weiterer zentraler Bereich im Innenraum ist, sich in der Tunnelkonsole befindet. Die Heatmaps der verschiedenen Arten der Berührung zeigen diese Ergebnisse durch eine sichtlich *heißere* Färbung dieser Elemente im Vergleich zu den anderen Elementen. Die Mittelkonsole, die vorwiegend die sogenannten Komfortfunktionen, wie die Klimasteuerung und das Radio enthält, folgt als dritter wesentlicher Bereich. Diese Befunde sind sowohl über die Dauer einer Exploration als auch über die Modelle stabil. Lediglich die Anzahl der *echten* Explorationen nimmt über die Zeit ab. Dies lässt sich aber darauf zurückführen, dass die Personen gegen Ende hin schon viele Elemente exploriert haben. Obwohl sich die beiden Testmodelle hinsichtlich ihrer Innenausstattung teilweise unterschieden, war die Verteilung der Häufigkeit der Exploration der Bereiche relativ ähnlich. Der Innenraum des Renault Laguna wurde zwar länger exploriert, doch dies lässt sich dadurch erklären, dass es im Renault Laguna einfach mehrere Elemente zu explorieren gab. Somit dürfte die Wichtigkeit der Bereiche unab-

hängig vom Modell sein und als genereller Effekt angesehen werden. Auch die Ergebnisse von Berger (2010) untermauern die gefundenen Resultate. Das Lenkrad und die Instrumente, welche sich um das Lenkrad befinden, sind auch bezogen auf die Betrachtung ein zentraler Bereich. Eine Einschränkung in dieser Aussage bietet die reine Betrachtung der Instrumente. Haptisch werden die Instrumente nicht exploriert. Ein weiterer Unterschied zwischen Haptik und Betrachtung zeigt sich in der Exploration der Tunnelkonsole und des Schaltknaufs. Der Grund dafür dürfte ein methodischer sein. Der mobile Eye-Tracker hat Probleme Fixationen zu erfassen, die stattfinden, wenn die Pupille sich nahe dem Lid befindet. Bei der Betrachtung des Schaltknaufs, der Handbremse und der Armlehne ist dies meist der Fall, daher können diese Bereiche mehr mit der Aufzeichnung der haptischen Evaluation erfasst werden. Die Ähnlichkeiten zwischen Haptik und Betrachtung bedeuten, dass die Personen Dinge, die sie ansehen, auch berühren und somit mit beiden Sinnen Informationen sammeln, um eine Bewertung des Elements treffen zu können. Die rein visuelle Exploration der Instrumente lässt sich auch in diese Richtung erklären. Dadurch, dass die Instrumente rein zur visuellen Informationsaufnahme gestaltet sind und die Qualität der Instrumente nicht durch das Berühren eingeschätzt werden kann, ist eine haptische Exploration hier unnötig und wird unterlassen.

Während der Fahrt, hier in einer simulierten Probefahrt, werden nur wenige Elemente wirklich exploriert. Aufgrund der Anforderung während einer Fahrt beide Hände auf dem Lenkrad zu haben bzw. aufgrund der Angewohnheit vieler Autofahrer vor allem im innerstädtischen Bereich die linke Hand auf dem Lenkrad und die rechte Hand auf dem Schaltknauf ruhen zu lassen, sind auch hier Lenkrad und Schaltknauf zentrale Elemente. Eine *echte* Exploration, wie im anderen Setting ist selten und dürfte somit kaum während einer Probefahrt auftreten. Es kann nur vermutet werden, dass Elemente während der Fahrt einer besonderen Exploration unterzogen werden, wenn sie aufgrund ihrer Besonderheit (beispielsweise im Material) nach der visuellen Exploration näher untersucht werden müssen (Klatzky, et al., 1993) oder die gewünschte Funktion bei der Bedienung ausbleibt. In diesem Setting trifft keiner der beiden Gründe ausreichend zu. Erstens untersuchten die Personen die Besonderheit des Innenraums schon in der vorangegangenen freien Explorationsphase ausgiebig und zweitens konnten nicht alle Funktionen ausgiebig getestet werden. Darüber hinaus sollten Fehler bei der Handhabung auch durch den Hersteller bis auf ein unschädliches Minimum reduziert werden. Daher werden auch ausschließlich die fahrrelevanten Elemente und Bereiche berührt. Fehlende Realitätsnähe dürfte nicht der Grund für die geringe Zahl an Explorationen gewesen sein, da die fahrtypische Handhaltung der Personen und das *Mitblinken* einiger Versuchspersonen ein Indiz für die Realitätsnähe des Settings sind. Auch die Eye-Tracking Ergebnisse unterstreichen die Befunde, dass die fahrrelevanten Bereiche wie das Lenkrad und vor allem die Instrumente, zentral während eines Fahr Szenarios sind.

Die Hypothese, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Explorationshäufigkeit und dem Gefallen der Elemente besteht, kann nicht angenommen werden. Es zeigten sich keine durchgängig bedeutsamen Korrelationen. Dieser Umstand ist teilweise darauf zurückzuführen, dass das Niveau der Gefallensratings durchgängig hoch und die Streuung sehr niedrig war. Auch die Korrelationen zwischen dem Gefallen und der Betrachtungshäufigkeit zeigten keine bedeutsamen Zusammenhänge. Dieses Ergebnis könnte durch das Setting forciert worden sein. Da die Personen Bekannte und Verwandte einerseits von den Versuchsleitern und andererseits vom Besitzer des Autohauses waren und darüber hinaus die Testung im Autohaus stattfand, könnten die Teilnehmer zu sozial erwünschten Antworten im Evaluationsfragebogen tendiert haben. Da das Setting aufgrund der ökologischen Validität und die Teilnehmer aufgrund der Komplexität der Versuchsanordnung gewählt wurden, war diese Beeinflussung nicht zu vermeiden. Somit ist dieser Befund nur mit Einschränkungen zu interpretieren.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Citrin et al. (2003) und Schifferstein (2006) konnte zwischen den Geschlechtern kein Unterschied im Explorationsverhalten gefunden werden. Somit kann die Hypothese, dass sich die Teilnehmer unterschiedlichen Geschlechts im Ausmaß der Exploration unterscheiden, nicht angenommen werden. Ebenso erweisen sich die Unterschiede zwischen den Geschlechtern in den Daten der Eye-Tracking Untersuchung als durchwegs nicht signifikant. Auch der Vergleich zwischen Laien und Experten zeigte, anders als bei Karlsson et al. (2003), weder im Renault Clio noch im Renault Laguna Unterschiede zwischen den Gruppen. Auch die Ergebnisse der Eye-Tracking Untersuchung gehen in dieselbe Richtung. Bezüglich des Alters der Teilnehmer zeigen sich ebenfalls in der haptischen und in der visuellen Exploration keine bis nur geringe Effekte. Somit sprechen auch hier die Befunde eher gegen das Vorliegen von Unterschieden.

Es mag vielleicht verwundern, warum in der Auswertung nicht nur die Gesamtexplorationen dargestellt und ausgewertet wurden, sondern auch speziellere Codierungen, wie die Unterscheidung nach *echter* Exploration und Dauerberührung und nach der Hand mit der das Element berührt wurde. Dieses Vorgehen ermöglicht viel detailliertere Einsichten in das Vorgehen der Versuchspersonen. Während der Videocodierung war auffallend, dass die Personen nicht nur im Innenraum von einem Element zum nächsten blickten und explorierten, sondern auch meist eine Hand hauptsächlich auf dem Lenkrad oder dem Schaltknauf ruhen ließen. Die nach *echter* Exploration und Dauerberührung getrennte Auswertung wirft natürlich die Frage auf, ob nicht auch während einer Dauerberührung Informationen über das berührte Element gesammelt werden. Aufgrund dieser Unsicherheit und der schlechten Sichtbarkeit einer aktiven Exploration (wie Drücken, Reiben oder Bewegen) wurde die Dauerberührung nicht als Exploration angesehen. Es kann darüber hinaus auch davon ausgegangen werden, dass, wenn während einer Dauerberührung etwas die Aufmerksamkeit der Versuchsperson erregt, diese eine *echte* Exploration durchführen wird. Die Ergebnisse zeigten klar die Vorteile der

getroffenen Unterscheidung. Durch die häufige Dauerberührung des Lenkrads und des Schalknaufs erhielten diese in der Gesamtexploration sehr hohe Werte, in der Häufigkeit der *echten* Explorationen relativierte sich dies hingegen wieder. Trotzdem waren die beiden Elemente und auch die, die Elemente beherbergenden Bereiche, die meist *echt* explorierten. Die Auswertung nach der Hand mit der die Elemente berührt werden, ist eher deskriptiv und wurde daher auch in den Ergebnissen nicht inferenzstatistisch beleuchtet. Anhand der Heatmaps für die handsensitive Berührung kann aber gut erkannt werden, dass ausnahmslos alle Personen die Elemente links von ihnen mit der linken Hand und die Elemente rechts von ihnen mit der rechten Hand explorierten. Nur die Sitzverstellung, welche sich beim Renault Laguna am Sitz rechts unten und beim Renault Clio links unten befand wurde von manchen Personen mit links von anderen hingegen mit rechts betätigt.

Eine weitere Unterscheidung, die in der Auswertung getroffen wurde, war die zwischen der Häufigkeit der Explorationen und der Zeitdauer der Explorationen. Während sich die Modelle in der Häufigkeit der Exploration nicht unterschieden, zeigte sich in der Zeitdauer ein Unterschied. Bei den Vergleichen der Bereiche nach der Häufigkeit oder der Dauer der Exploration zeigten sich bei keinem Modell wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Varianten. Dies weist darauf hin, dass die Zeitdauer zwar unterschiedlich von der Häufigkeit ist, doch die Unterschiede nur gering sind. Sollten hingegen auch besonders geringe Unterschiede von Interesse oder Bedeutung sein, ist die Zeitdauer als abhängige Variable sicher eine gute Wahl. Es sei aber auch darauf hingewiesen, dass die Codierung der Zeitdauer die gesamte Auswertung erheblich erschwert, da die Videos dadurch viel detaillierter und somit zeitraubender betrachtet werden müssen.

Die topografischen Relevanzfeldkarten (Heatmaps) zeigen anschaulich die topografischen Relevanzfelder und eignen sich somit gut zur deskriptiven Darstellung der Ergebnisse. Sie liefern einen schnellen und direkten Überblick über die Ergebnisse und zeigen anschaulich die Verteilung der verschiedenen Arten der Explorationen über die Bereiche. Die Limitationen der Heatmaps wurden schon ausführlich diskutiert. Eine weitere Verfeinerung der Darstellung könnte einerseits die Probleme befriedigend lösen und andererseits auch noch Signifikanzen in die Abbildung einfließen lassen.

Aufgrund der gefundenen Ergebnisse ergeben einige Ratschläge an die Automobilhersteller. Die kombinierte Anwendung aus Eye-Tracking und Kameraaufzeichnungen, stellt eine, im Vergleich zu VR-Umgebungen, kostengünstige und, im Vergleich zu Car Clinics, umfassende Möglichkeit dar, Daten über die Interaktion zwischen Menschen und ihrem Umfeld zu sammeln. Bezüglich der gefundenen Ergebnisse, lässt sich zusammenfassend sagen, dass die fahrrelevanten Elemente und Bereiche, wie das Lenkrad und dessen Umgebung und die Tunnelkonsole sowohl haptisch als auch visuell die am häufigsten und zuerst explorierten Bereiche sind. Daher sollte der Schwerpunkt der Produktions-Bemühungen im Design dieser Elemente liegen (Anm.: Das Design um-

fasst sowohl das Aussehen als auch die Funktion eines Produkts). Ein schöner Schein ist zu wenig, da diese Elemente nicht nur betrachtet, sondern auch berührt werden. Rein visuell sind vor allem die Mittelkonsole und die Instrumente zentral und sollen gleich auf den ersten Eindruck überzeugen. Wenn die zuerst explorierten Bereiche eine gute Qualität aufweisen, dann ist der erste Eindruck positiv und die weiteren Erfahrungen werden damit verglichen. Der Beifahrerbereich, der obere Bereich und das Gurtsystem sollten zwar ihre Funktion tadellos erfüllen, besondere Beachtung bei der Exploration eines Innenraums erhalten sie aber nicht. Personencharakteristika wie Alter, Geschlecht oder Expertise scheinen wenig bis keinen Einfluss darauf zu besitzen, welche Bereiche besonders intensiv betrachtet und exploriert werden, somit muss auch in der Gestaltung eines Innenraums auf die Unterschiede nur ein geringes Augenmerk gelegt werden. Es scheint im Zuge einer Individualisierbarkeit eines Innenraums somit nicht erfolgsträchtig, Lenkräder oder Schaltknäufe speziell für eine Personengruppe zu gestalten.

7.2 Einschränkungen, Kritik und Ausblick

Abschließend lässt sich die Methode mit Eye-Tracking, Kameraaufzeichnungen und Evaluationsbefragung als äußerst umfassend beurteilen. Es können sowohl globale Ergebnisse über größere Bereiche, als auch feine Unterschiede zwischen zwei Elementen, festgestellt und verglichen werden. Das Datenmaterial bietet eine Basis für zahlreiche Auswertungen und Fragestellungen, daher ist die Methode eine gute Wahl zur präliminären Untersuchung eines Interieurs. Es können sowohl Fragen zur Aufteilung der Bereiche als auch Fragen zu Unterschieden zwischen Bereichen beantwortet werden. Sollen nur Unterschiede zwischen einzelnen Elementen (dieser oder jener Schalter) geprüft werden, wird von der Methode abgeraten, da die Datenmenge und der Aufwand im Vergleich zum Bedarf weit zu groß wären. Vor allem die Videoanalyse und die damit verbundene Codierung der Aktionen sind sehr zeitaufwändig und sollten dem geplanten Erhebungsrahmen angemessen sein. Dafür liefern diese Schritte eine umfassende Analyse der getätigten Aktionen. Die gemeinsame Aufzeichnung von Blickbewegungen und haptischen Daten hat den Vorteil, dass einerseits die Blickbewegungen einen direkteren Zugang zur Aufmerksamkeit und der Motivation der Personen bieten und andererseits die haptischen Daten diese untermauern können und auch Bereiche erfassen, die durch die technischen Limitationen des Eye-Trackings nicht erfasst werden können. Es ist durchaus vorstellbar, dass die Methode auch in anderen Bereichen der Mensch-Maschine Interaktion angewandt werden kann, um tiefe Einblicke in die Art und den Ablauf einer Interaktion von Mensch und Produkt zu ermöglichen.

Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass die Untersuchung Ergebnisse über eine Exploration im Innenraum liefern sollte, die unabhängig von einem Auftraggeber aus der Automobilindustrie der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden können. Darüber hinaus soll eine erste umfassende Be-

schreibung von explorativen Aktionen in Innenräumen von Autos bereitgestellt werden. Diesem Anspruch wurde in vollem Maße genüge getan. Der Zusammenhang zwischen der Explorationshäufigkeit und dem Gefallen konnte hingegen nicht befriedigend geklärt werden, da die Ergebnisse des Evaluationsfragebogens aus genannten Gründen in ihrer Validität anzuzweifeln sind. Weitere Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Berührung oder des Verlaufs der Berührung und dem Gefallen könnten hier tiefere Einblicke geben. Auch bezüglich des Fahrszenarios ist nicht sicher, ob eine echte Probefahrt mit den Modellen nicht andere Resultate erzielt hätte, somit könnten abgeänderte Settings hier noch weitere Ergebnisse liefern. Die erhobenen Daten sind von solch großem Umfang, dass durchaus noch weitere Analysen aufgrund von interessierenden Fragestellungen, z.B. zur Handsensitivität, untersucht werden können.

In dieser Studie konnte durch die Verbindung von Beobachtung der haptischen Evaluation und Aufzeichnung der Blickbewegungen der Personen klar gezeigt werden, welche Bereiche und Elemente im Fahrzeuginnenraum von potentiellen Besitzern besonders beachtet und evaluiert werden. Zur Darstellung der Ergebnisse eignen sich topografischer Relevanzfeldkarten besonders. Diese vermitteln sowohl einen schnellen als auch exakten Überblick über die erhobenen Daten. Somit ist es möglich aufgrund der Ergebnisse Ratschläge für die Praxis des Automobildesigns abzuleiten. In Zukunft kann die vorgestellte Methode auch an anderen Objekten und in anderen Kontexten erprobt werden, um sie zu perfektionieren und als generelles Tool zur Erforschung von Interaktionen zwischen Menschen und ihren Umwelten zu etablieren.

8 Literaturverzeichnis

- Abel, H.-B., Meier-Arendt, G., & Willnauer, B. (2005). Ergonomische Bedienelemente für elektronische Fahrzeugsysteme. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 107(5), 376-385.
- Al-Sibai, J. (2004). Bewertung der Prognosegenauigkeit von Produktkliniken bei der Einführung neuer Produkte am Beispiel der Automobilindustrie. In B. Ebel (Ed.), *Automotive Management: Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft* (pp. 238-249). Berlin: Springer.
- Becker, S. (2004). Usability und Produktakzeptanz. In B. Ebel (Ed.), *Automotive Management: Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft* (pp. 251-270). Berlin: Springer.
- Berger, A. (2010). *Topographical maps for detecting relevance fields in car interiors - an eyetracking approach*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.
- Bernstein, A., Broecker, M., Marz, P., & Robin, L. (2001). Visuell-haptische Schnittstellen in der Automobilentwicklung bei BMW. In M. Grunwald & L. Beyer (Eds.), *Der bewegte Sinn: Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung* (pp. 187-194). Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- Bessere Ergonomie. (2003). *Automobil - Entwicklung*, 3, 38-39.
- Beyer, L., & Weiss, T. (2001). Elementareinheiten des somatosensorischen Systems als physiologische Basis der taktil-haptischen Wahrnehmung. In M. Grunwald & L. Beyer (Eds.), *Der bewegte Sinn: Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung* (pp. 25-38). Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- BMW 7er, Modell F01/F02. (2008). *7-forum.com*. Retrieved from <http://www.7-forum.com/modelle/f01/>
- Braess, H.-H., & Seiffert, U. (Eds.). (2007a). *Automobildesign und Technik: Formgebung, Funktionalität, Technik*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Braess, H.-H., & Seiffert, U. (Eds.). (2007b). *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik* (5 ed.). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Burnett, G. E., & Irune, A. (2009). *Drivers' quality ratings for switches in cars: Assessing the role of the vision, hearing and touch senses*. Paper presented at the 1st International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications, AutomotiveUI 2009, Essen.
- Burnett, G. E., & Porter, M. J. (2001). Ubiquitous computing within cars: designing controls for non-visual use. [doi: DOI: 10.1006/ijhc.2001.0482]. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 521-531.
- Carbon, C.-C., & Leder, H. (2005). The Repeated Evaluation Technique (RET). A method to capture dynamic effects of innovativeness and attractiveness. *Applied Cognitive Psychology*, 19(5), 587-601.
- Citrin, A. V., Stem, D. E., Spangenberg, E. R., & Clark, M. J. (2003). Consumer need for tactile input: An internet retailing challenge. *Journal of Business Research*, 56(11), 915-922.
- Dahm, M. (2006). *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion*. München: Pearson.
- Dem Wohlbefinden auf der Spur. (2004). *Automobil - Entwicklung*, 2, 36-37.

- Desmet, P., & Hekkert, P. (2007). Framework of product experience. *International Journal of Design*, 1(1), 57-66.
- Dewar, R. W. (2002). Vehicle Design. In R. W. Dewar & P. L. Olson (Eds.), *Human factors in traffic safety* (pp. 303-341). Tucson, AZ: Lawyers and Judges Publishing Group.
- Die inneren Werte zählen. (2006). *Automobil - Produktion*, 9, 24-25.
- Deutsches Institut für Normung. DIN ISO 3958. DIN: Straßenfahrzeuge, Personenkraftwagen, Handreichweiten des Fahrzeugführers.
- Distler, A., Durach, S., Eckstein, L., Keinath, A., & Niedermaier, B. (2009). Das Anzeige- und Bedienkonzept. In B. Group (Ed.), *Der neue BMW 7er: Entwicklung und Technik* (pp. 70-79). Wiesbaden: Vieweg + Teubner.
- Dudenhöffer, F., & Borscheid, D. (2004). Automobilmarkt-Prognosen: Modelle und Methoden. In B. Ebel (Ed.), *Automotive Management: Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft* (pp. 192-203). Berlin: Springer.
- Dukic, T., Hanson, L., Holmqvist, K., & Wartenberg, C. (2005). Effect of button location on driver's visual behaviour and safety perception. *Ergonomics*, 48(4), 399-410.
- Ebel, B., & Hofer, M. B. (2004). Der Einfluss von Interieur- und Exterieur-Designs von Fahrzeugen auf die Kaufentscheidung. In B. Ebel (Ed.), *Automotive Management: Strategie und Marketing in der Automobilwirtschaft* (pp. 335-348). Berlin: Springer.
- Eby, D. W., & Kantowitz, B. H. (2006). Human factors and ergonomics in motor vehicle transportation. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics* (3rd ed., pp. 1538-1569). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- England, R. (1995). Sensory-motor systems in virtual manipulation. In K. Carr & R. England (Eds.), *Simulated and virtual realities: Elements of perception* (pp. 131-177). London: Taylor & Francis.
- Ernst, M. O., & Banks, M. S. (2002). Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. *Nature*, 415(6870), 429-433.
- Färber, B. (2006). Cockpitgestaltung im Spannungsfeld von Design, Branding und Ergonomie. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 108(9), 754-755.
- Freides, D. (1974). Human information-processing and sensory modality - cross-modal functions, information complexity, memory and deficit. *Psychological Bulletin*, 81(5), 284-310.
- Fromm, P., Cerhak, A., & Hamberger, W. (2002). Innenraum erleben. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 104(SUPPL. 8), 24-26+28+30.
- Fuchs, D., Herrler, M., Peters, M., Spreng, M., & Zeller, A. (2001). iDrive - Das neuartige Anzeige- und Bedienkonzept. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 103(SPEC. ISS. NOV.), 24.
- Gerrig, R. J., & Zimbardo, P. G. (2008). *Psychologie* (18 ed.). München [u.a.]: Pearson Studium.
- Gibson, J. J. (1966). *The senses considered as perceptual systems*. London: George Allen & Unwin.
- Gibson, J. J. (1986). *The ecological approach to visual perception*. London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Green, P., Levison, W., Paelke, G., & Serafin, C. (1995). *Preliminary human factors design guidelines for driver information systems*. Washington, DC: US Government Printing Office.

- Grohmann, B., Spangenberg, E. R., & Sprott, D. E. (2007). The influence of tactile input on the evaluation of retail product offerings. *Journal of Retailing*, 83(2), 237-245.
- Grunwald, M., & Krause, F. (2001). Haptik-Design im Fahrzeugbau. In M. Grunwald & L. Beyer (Eds.), *Der bewegte Sinn: Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung* (pp. 171-176). Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- Haas, V. (2009). *Über die spezifische Bedeutung von Designcharakteristika für einzelne Fahrzeugbereiche*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.
- Hallen, A. (1997). *Comfortable hand control reach of passenger car drivers*. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
- Hayward, M., Becker, S., Brockmann, M., Nilsson, L., & Sala, G. (1996). *Anti-collision autonomous support and safety intervention system - Report on users' needs. (Project TR1004 AC-ASSIST. Project Deliverable D 3.1.)* Brüssel: European Commission, DG XIII.
- Heslin, R., & Alper, T. (1983). Touch: A bonding gesture. In J. M. Wiemann & R. P. Harrision (Eds.), *Non-Verbal Interaction* (pp. 47-75). Beverly Hills: Sage.
- International Organization for Standardization. ISO 4040. ISO: Road vehicles: Location of hand controls, indicators and tell-tales in motor vehicles.
- Jansson-Boyd, C., & Marlow, N. (2007). Not only in the eye of the beholder: Tactile information can affect aesthetic evaluation. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1(3), 170-173.
- Jeitner, M., Küchler, W., & Schaare, R. (2005). Weniger Schalter im Fahrzeuginterieur. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 107(9), 746-749.
- Jindo, T., & Hirasago, K. (1997). Application studies to car interior of Kansei engineering. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19(2), 105-114.
- Karlsson, B. S. A., Aronsson, N., & Svensson, K. A. (2003). Using semantic environment description as a tool to evaluate car interiors. *Ergonomics*, 46(13-14), 1408-1422.
- Klatzky, R. L., & Lederman, S. J. (1993). Toward a computational model of constraint-driven exploration and haptic object identification. *Perception*, 22, 597-621.
- Klatzky, R. L., & Lederman, S. J. (2003). Touch. In A. F. Healy & R. W. Proctor (Eds.), *Handbook of Psychology, Volume 4: Experimental Psychology* (pp. 147-176). New York: John Wiley & Sons.
- Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Matula, D. E. (1993). Haptic exploration in the presence of vision. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 19(4), 726-743.
- Klatzky, R. L., Lederman, S. J., & Reed, C. (1987). There's more to touch than meets the eye: The salience of object attributes for haptics with and without vision. *Journal of Experimental Psychology: General*, 116(4), 356-369.
- Kozak, J., J., Hancock, P. A., Arthur, E. J., & Chrysler, S. T. (1993). Transfer of training from virtual reality. *Ergonomics*, 36, 777-784.
- Kraif, U. (2005). *Duden - das Fremdwörterbuch* (5 ed.). Mannheim [u.a.]: Dudenverlag.
- Kraus, W. (2007). Grundsätzliche Aspekte des Automobildesign. In H.-H. Braess & U. Seiffert (Eds.), *Automobildesign und Technik: Formgebung, Funktionalität, Technik* (pp. 31-65). Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Küller, R. (1972). *A semantic model for describing perceived environment*. National Swedish Institute for Building Research, Stockholm, Sweden.

- Larssen, A. T., Robertson, T., & Edwards, J. (2006). *How it feels, not just how it looks: When bodies interact with technology*. Paper presented at the 18th Australia conference on Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments.
- Lederman, S. J., & Klatzky, R. L. (1987). Hand movements: A window into haptic object recognition. *Cognitive Psychology*, 19(3), 342-368.
- Lederman, S. J., Summers, C., & Klatzky, R. L. (1996). Cognitive salience of haptic object properties: Role of modality-encoding bias. *Perception*, 25, 983-998.
- Lederman, S. J., Thorne, G., & Jones, B. (1986). Perception of texture by vision and touch: Multidimensionality and intersensory integration. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 12(2), 169-180.
- Lofland, J., & Lofland, L. H. (1995). *Analyzing social settings: A guide to qualitative observation and analysis* (Vol. 3). Belmont, CA: Wadsworth.
- McCabe, D. B., & Nowlis, S. M. (2003). The effect of examining actual products or product descriptions on consumer preference. *Journal of Consumer Psychology*, 13(4), 431-439.
- Moehring, M., & Froehlich, B. (2005). *Pseudo-physical interaction in a virtual car interior*. Paper presented at the IPT/EGVE Workshop'05, Aalborg, Denmark.
- Mooy, S. C., & Robben, H. S. J. (2002). Managing consumers product evaluations through direct product experience. *Journal of Product and Brand Management*, 11, 432-446.
- Nagamachi, M. (1989). *Kansei Engineering*. Tokyo: Kaibundo Publishing.
- Nixon, M. S., & Aguado, A. S. (2008). *Feature extraction and image processing* (2 ed.). Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Acad. Press.
- Peck, J., & Childers, T. L. (2003). To have and to hold - The influence of haptic information on product judgements. *Journal of Marketing*, 67(2), 35-48.
- Rau, J. W., Rebele, M., Walzl, E., Oestreich, J., Ritthaler, K., & Schmerberg, R. (2003). Der Innenraum - Einklang von Ergonomie, Funktion und Design. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 105, 18.
- Rösler, F., Battenberg, G., & Schüttler, F. (2009). Subjektive Empfindungen und objektive Charakteristika von Bedienelementen. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 111(4), 292-297.
- Society of Automotive Engineers. SAE J 826. SAE: Devices for use in defining and measuring vehicle seating accommodation.
- Scheibe, R., Moehring, M., & Froehlich, B. (2007). *Tactile feedback at the finger tips for improved direct interaction in immersive environments*. Paper presented at the 2007 IEEE Virtual Reality Conference, VR'07, Charlotte, NC.
- Schifferstein, H. N. J. (2006). The perceived importance of sensory modalities in product usage: A study of self-reports. *Acta Psychologica*, 121(1), 41-64.
- Schifferstein, H. N. J., & Cleiren, M. P. H. D. (2005). Capturing product experiences: A split-modality approach. *Acta Psychologica*, 118(3), 293-318.
- Schlott, S. (2007). Fachkongress Innenraum - Schöner fahren. *Automobil - Produktion*, 12, 64-67.
- Schönhammer, R. (2001). Haptische Wahrnehmung und Design. In M. Grunwald & L. Beyer (Eds.), *Der bewegte Sinn: Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung* (pp. 151 - 160). Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser.
- Spingler, M. R. (2008). Die methodische Erfassung human wahrgenommener Qualitätsaspekte. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*, 110(2), 104-111.

- Deutsche Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) (BGBI. I S. 872 885 f).§ 30
StVZO: Beschaffenheit der Fahrzeuge.
- Deutsche Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) (BGBI. I S. 872 885 f).§ 39a
StVZO: Betätigungseinrichtungen, Kontrollleuchten und Anzeiger.
- Deutsche Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) (BGBI. I S. 872 885 f).§ 38
StVZO: Lenkeinrichtung.
- Van der Meulen, P., & Seidl, A. (2007). Ramsis – The leading CAD tool for ergonomic analysis of vehicles In V. G. Duffy (Ed.), *Digital Human Modeling* (pp. 1008-1017). Heidelberg: Springer.
- Visionäre Welten als Erfolgsmodell. (2003). *Automobil - Entwicklung*, 1, 12-15.
- Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychological Bulletin*, 88(3), 638-667.
- Wikman, A.-S., Nieminen, T., & Summala, H. (1998). Driving experience and time-sharing during in-car tasks on roads of different width. *Ergonomics*, 41, 358-372.
- Yun, M. H., You, H., Geum, W., & Kong, D. (2004). *Affective evaluation of vehicle interior craftsmanship: Systematic checklists for touch/feel quality of surface-covering material* Paper presented at the Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 48th Annual Meeting.
- Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 9(2, Pt.2), 1-27.
- Zwahlen, H. T., Adams, C. C., & Debald, D. P. (1988). Safety aspects of CRT touch panel controls in automobiles. In A. G. Gale, M. H. Freeman, C. M. Haslegrave, P. A. Smith & S. P. Taylor (Eds.), *Vision in Vehicle II* (pp. 335-344). Amsterdam: Elsevier.

Anhang

A Bilder

A.1 Beispielbilder des Settings



Abb. A.1.1: Head-mounted Eye-Tracker der Firma SMI



Abb. A.1.2: Aufnahmegerät der Eye-Tracking Daten



Abb. A.1.3: Gesamtes Setting: links der Renault Laguna und rechts der Renault Clio



Abb. A.1.4: Ausschnitt aus einem Eye-Tracking Video, man beachte die Fixation der Person, die durch das rote Kreuz gekennzeichnet ist



Abb. A.1.5: Ausschnitt aus der Fahrszene Autobahn



Abb. A.1.6: Ausschnitt aus der Fahrszene Innenstadt

A.2 Storyboard



Die VPN wird instruiert

Die VPN nimmt im
Testmodell Platz

Um eine gute
Sitzposition bei der
Testung zu gewähr-
leisten, wird gemeinsam
mit der VPN der Sitz
eingestellt

Beginn der freien
Exploration und somit
der Codierung der
Aktionen



Die VPN berührt mit
der rechten Hand das
Lenkrad und exploriert
mit der linken Hand den
Türöffner

Die VPN berührt mit
der rechten Hand das
Lenkrad und exploriert
mit der linken Hand den
Fensterheber

Die VPN berührt mit
der rechten Hand das
Lenkrad und exploriert
mit der linken Hand die
Türverkleidung

Beide Hände gehen zur
Sonnenblende



Die VPN öffnet den
Spiegel in der
Sonnenblende

Die VPN sieht sich im
Innenraum um ohne
etwas zu berühren

Der Schaltknauf wird
exploriert

Die VPN exploriert mit
der rechten Hand den
Handbremsknopf



Danach wird ebenfalls mit der rechten Hand die Armlehne exploriert

Die VPN exploriert mit beiden Händen das Lenkrad

Die linke Hand bleibt am Lenkrad, mit der rechten Hand wird der Scheibenwischerhebel untersucht

Nun wird dazu der Blinkerhebel mit der linken Hand untersucht



Die VPN bleibt mit der linken Hand am Blinkerhebel und exploriert den Scheibenwischerhebel genauer

Nun hält die VPN die rechte Hand am Scheibenwischerhebel und exploriert den Blinkerhebel erneut

Die VPN sieht sich um, während sie mit beiden Händen das Lenkrad berührt

Die VPN öffnet mit der rechten Hand den Cupholder, die linke verbleibt am Lenkrad



Andere Kameraperspektive: Die VPN exploriert mit der rechten Hand die Klimasteuerung

Andere Kameraperspektive: Die VPN exploriert mit der rechten Hand die Lüftungsregelung

Andere Kameraperspektive: Die VPN exploriert mit der rechten Hand die Radiosteuerung

Mit der rechten Hand wird das Handschuhfach geöffnet, die linke Hand verbleibt am Lenkrad



Die VPN schließt das Handschuhfach wieder

Andere Kameraperspektive: Die VPN öffnet mit der rechten Hand das Mittelfach

Während die linke Hand am Lenkrad verbleibt, wird mit der rechten Hand der Sitzbezug exploriert

Die VPN beendet die Exploration



Es folgen die Instruktionen zum Fahrscenario

Die Vorgabe des Fahrscenarios beginnt, die VPN hat beide Hände am Lenkrad

Die Handhaltung am Lenkrad wird leicht verändert

Die Handhaltung am Lenkrad wird abermals leicht verändert



Die VPN platziert ihre rechte Hand am Schaltknauf, die linke wird am Lenkrad belassen

Die rechte Hand wird wieder am Lenkrad platziert.

Die VPN platziert ihre rechte Hand erneut am Schaltknauf, die linke wird am Lenkrad belassen

Das Fahrscenario und somit die Aufzeichnung sind beendet.

A.3 Abbildungen der Elemente

A.3.1 Bilder Elemente Clio



Lenkrad



Schaltknauf



Radiobedienung am Scheibenwischer



Scheibenwischer



Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)



Rückspiegel



Klimaanlage



Lüftungsregelung



Zigarettenanzünder



Handbremse



Ablage im Zwischenraum



Fensterheber



Sonnenblende



Cupholder



Gurtvorrichtung



Türöffner in der Seitenverkleidung



Radiosteuerung



Seitenspiegelverstellung



Sitzbezug



Handschuhfach



Licht im Innenraum



Gurthalterung und Gurt



Linke Türhalterung in der
Seitenverkleidung



Warnblinkknopf



Sonnenblende auf der Beifahrerseite



Gurt auf der Beifahrerseite



Lichtverstellung und Lüftung links



Türverriegelung



Sitzverstellung



Lehnenverstellung



Zündschloss



Mittelkonsole



Lenkradhalterung



Radiosteuerung am Lenkrad



Radiosteuerung



Fensterheber



Sitzbezug



Mittelfach



Klimaanlage



Handbremsknopf



Lenkradtasten



Sonnenblende



Handschuhfach



Mittelfläche



Startknopf



Türverkleidung



Licht im Innenraum



Rückspiegel



Beifahrersitz



Sitzverstellung



Lüftungsregelung



Mittelkonsole



Lüftung auf der linken Seite



Spiegelverstellung



Lichtverstellung



Türöffner



Cupholder



Gurtverriegelung



Warnblinkknopf



Türverriegelungsknopf

Keine Abbildung vorhanden



Gurt

Sonnenblende auf der Beifahrerseite



Steckschlitz

Keine Abbildung vorhanden

Gurtbefestigung



Lenkradhalterung



Haltegriff an der Tür oben



Seitenspiegel



Digitalanzeige



Kleines Fach linke Seite

B Fragebögen

B.1 Evaluationsfragebogen

Beispiel: Fragebogen Evaluation Clio

Sie haben sich soeben den Innenraum des Renault Clio angesehen. Wir bitten Sie nun anzugeben, wie gut Ihnen der Innenraum insgesamt bzw. einzelne Elemente des Innenraums gefallen haben. Für Ihre Antworten steht Ihnen eine 7-stufige Skala zur Verfügung. Die einzelnen Skalenwerte haben folgende Bedeutung:

- 1 = gefällt mir sehr gut
- 2 = gefällt mir gut
- 3 = gefällt mir etwas
- 4 = gefällt mir weder gut noch schlecht
- 5 = gefällt mir eher nicht
- 6 = gefällt mir nicht
- 7 = gefällt mir gar nicht

Bitte machen Sie jeweils in dem Kästchen ein Kreuz, das am ehesten Ihrer Zufriedenheit mit dem jeweiligen Element des Innenraums entspricht.

Zusätzlich steht Ihnen auch die Antwortalternative *Kann ich nicht beurteilen* zur Verfügung. Kreuzen Sie bitte dieses Kästchen an, wenn Sie das Gefühl haben, dass Sie sich das jeweilige Element des Innenraums nicht genau genug angesehen haben und deshalb kein Urteil darüber abgeben können.

Bitte antworten Sie möglichst spontan. Uns interessiert Ihre persönliche Meinung, d. h. es gibt keine *richtigen* oder *falschen* Antworten.

Alle Ihre Angaben werden absolut vertraulich behandelt.

Angaben zur Person:

Alter: _____

Geschlecht: ☐ weiblich
☐ männlich

Beruf: _____

	Sehr gut ①	Gut ②	Etwas ③	Weder noch ④	Eher nicht ⑤	Nicht ⑥	Gar nicht ⑦	Kann ich nicht beurteilen
Wie gut hat Ihnen der Innenraum des Clio insgesamt gefallen?								
Wie gut hat Ihnen das Lenkrad gefallen?								
Wie gut hat Ihnen der Gangschaltungshebel gefallen?								
Wie gut hat Ihnen der Handbremsenhebel gefallen?								
Wie gut hat Ihnen die Regelung der Klimaanlage gefallen?								

Wie gut hat Ihnen das Radio gefallen?								
	Sehr gut ①	Gut ②	Etwas ③	Weder noch ④	Eher nicht ⑤	Nicht ⑥	Gar nicht ⑦	Kann ich nicht beurteilen
Wie gut haben Ihnen die Fensterheberschalter gefallen?								
Wie gut haben Ihnen die Radiobedienelemente am Lenkrad gefallen?								
Wie gut hat Ihnen der zentrale Monochrom-Bildschirm gefallen?								
Wie gut haben Ihnen die Geschwindigkeits- und Drehzahlanzeigen gefallen?								
Wie hat Ihnen die Sonnenblende gefallen?								
Wie gut hat Ihnen der Rückspiegel gefallen?								
Wie gut hat Ihnen die Regelung der Innenbeleuchtung gefallen?								
Wie gut hat Ihnen der Blinkerhebel gefallen?								
Wie gut hat Ihnen der Lichtschalter gefallen?								

	Sehr angenehm ①	Ange-nehm ②	Etwas ange-nehm ③	Weder noch ④	Etwas unange-nehm ⑤	Unange-nehm ⑥	Sehr unange-nehm ⑦	Kann ich nicht beurtei- len
Wie hat sich das Lenkrad angefühlt?								
Wie hat sich der Sitz angefühlt?								
Wie hat sich der Gangschaltungshebel angefühlt?								
Wie hat sich der Fensterheberschalter angefühlt?								

Könnten Sie sich vorstellen dieses Auto zu kaufen?

Ja	Viel- leicht	Weiß nicht	Eher nicht	Sicher nicht

Wenn ja. warum bzw. wenn nein. warum nicht?

B.2 Autofragebogen AFB V 2.0

von Versuchsleiter/In auszufüllen:

Probandencode_____

Kontakt Daten:

Universität Wien

Fakultät für Psychologie

Arbeitsbereich Allgemeine Psychologie

Liebiggasse 5. 1010 Wien

Datum d. Testung_____

Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich

Alter_____ (in Jahren)

Höchste abgeschlossene Ausbildung: ☐ Hauptschule (HS)

☐ Lehre (welche?):_____

☐ Allgemeinbildende höhere Schule oder
Berufsbildende höhere Schule (AHS. HTL.
HAK. Abitur....)

☐ Universitäts- oder Fachhochschulabschluss
(Studienrichtung?):_____

☐ Sonstiges:_____

momentan ausgeübter Beruf_____

Allgemeines & Fahrgewohnheiten

B - Führerschein: ☐ ja ☐ nein

Wenn nein, bitte arbeiten Sie beim Abschnitt *Weitere Fragen* weiter.

Eigenes Auto: ☐ ja ☐ nein

Wenn ja. welche Marke? _____

Welches Modell? _____

Welches Baujahr? _____

Wenn nein, welches Fahrzeug ist das von Ihnen meistgenutzte (Marke, Modell, Baujahr)? _____

Wem gehört das von Ihnen meistgenutzte Fahrzeug?

Wie oft benützen sie das/die eigene/n oder ausgeborgte Fahrzeuge als Lenker/in pro Jahr?

- ☐ täglich
- ☐ mehrmals die Woche
- ☐ mehrmals im Monat
- ☐ mehrmals im Jahr

Wie viele Kilometer legen sie im Jahr am Steuer eines Fahrzeugs zurück?

- ☐ 0-1.000 km
- ☐ 1.000-5.000 km
- ☐ 5.000-10.000 km
- ☐ 10.000-15.000km
- ☐ 15.000-20.000 km

☐ 20.000 oder mehr km

Folgende Fragen beziehen sich auf das von Ihnen benutzte Fahrzeug:

Mit welchem Treibstoff wird ihr Fahrzeug betrieben?

- ☐ Diesel
- ☐ Benzin
- ☐ Erdgas
- ☐ Hybrid
- ☐ Sonstige: _____
- ☐ Weiß ich nicht

Welche Getriebevariante besitzt ihr Fahrzeug?

- ☐ Manuelles Schaltgetriebe
- ☐ Automatik
- ☐ Weiß ich nicht

Wie viel Liter Treibstoff verbraucht ihr Fahrzeug je 100 km?

_____l/100km ☐ Weiß ich nicht

Wie viel PS oder kW hat ihr Fahrzeug?

_____PS

_____kW

☐ Weiß ich nicht

Welchen Antrieb besitzt Ihr Fahrzeug?

- ☐ Frontantrieb
- ☐ Heckantrieb
- ☐ Allradantrieb
- ☐ Weiß ich nicht

Wie oft im Jahr reinigen Sie ihr Fahrzeug bzw. lassen es reinigen?

_____ Mal pro Jahr

Weitere Fragen:

Ich kaufe und lese Autozeitschriften? ☐ ja ☐ nein

Ich sehe mir Sendungen über Autos an? ☐ ja ☐ nein

Ich interessiere mich für Autos? ☐ ja ☐ nein





Ich verfolge Neuigkeiten auf dem Automarkt aktiv? ☐ ja ☐ nein





Ich spreche mit Freunden und/oder Kollegen über neue Automodelle?





☐ ja ☐ nein





Ich achte auf Autowerbungen? ☐ ja ☐ nein

Geben sie bitte zu den jeweiligen Autos auf den folgenden Bildern an, um welche eine Marke und welches Modell es sich handelt.

1		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
2		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
3		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
4		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>

5		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
6		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
7		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
8		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>

9		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
10		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
11		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
12		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>

13		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
14		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
15		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>
16		<p>Marke: _____</p> <p>Modell: _____</p>

Vielen Danke für ihre Teilnahme!

C Tabellen

C.1 Häufigkeiten

Tab. C.1.1: CLIO: Tabelle mit Einzeldaten aller Explorationen

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	391	38.64
Schaltknauf	116	11.46
Handbremse	52	5.14
Scheibenwischer	47	4.64
Sitzbezug	41	4.05
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	36	3.56
Fensterheber	30	2.96
Klimaanlage	29	2.87
Cupholder	23	2.27
Türhalterung in der Seitenverkleidung	20	1.98
Radiosteuerung	19	1.88
Lichtverstellung und Lüftung links	19	1.88
Sonnenblende	18	1.78
Handschuhfach	18	1.78
Radiobedienung am Scheibenwischer	16	1.58
Lüftungsregelung	16	1.58
Seitenspiegelverstellung	16	1.58
Warnblinkknopf	12	1.19
Zigarettenanzünder	11	1.09
Rückspiegel	10	0.99
Türverriegelung	10	0.99
Sitzverstellung	10	0.99
Türöffner in der Seitenverkleidung	9	0.89
Licht im Innenraum	9	0.89
Sonnenblende auf der Beifahrerseite	6	0.59
Zündschloss	6	0.59

Lehnenverstellung	5	0.49
Mittelkonsole	5	0.49
Gurtvorrichtung	3	0.30
Gurthalterung und Gurt	3	0.30
Lenkradhalterung	3	0.30
Ablage im Zwischenraum	2	0.20
Gurt auf der Beifahrerseite	1	0.10
SUMME	1012	~100

Tab. C.1.2: CLIO: Tabelle mit Einzeldaten der *echten* Explorationen

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Schaltknauf	60	10.54
Lenkrad	56	9.84
Scheibenwischer	45	7.91
Handbremse	38	6.68
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	35	6.15
Klimaanlage	29	5.10
Fensterheber	29	5.10
Cupholder	23	4.04
Sitzbezug	20	3.51
Lichtverstellung und Lüftung links	19	3.34
Sonnenblende	18	3.16
Radiosteuerung	18	3.16
Handschuhfach	18	3.16
Radiobedienung am Scheibenwischer	16	2.81
Lüftungsregelung	16	2.81
Seitenspiegelverstellung	16	2.81
Warnblinkknopf	12	2.11
Zigarettenanzünder	11	1.93
Türhalterung in der Seitenverkleidung	11	1.93
Rückspiegel	10	1.76
Türverriegelung	10	1.76

Sitzverstellung	10	1.76
Licht im Innenraum	9	1.58
Türöffner in der Seitenverkleidung	8	1.41
Sonnenblende auf der Beifahrerseite	6	1.05
Zündschloss	6	1.05
Lehnenverstellung	5	0.88
Mittelkonsole	4	0.70
Gurthalterung und Gurt	3	0.53
Lenkradhalterung	3	0.53
Ablage im Zwischenraum	2	0.35
Gurtvorrichtung	2	0.35
Gurt auf der Beifahrerseite	1	0.18
SUMME	569	~100

Tab. C.1.3: CLIO: Tabelle mit Einzeldaten der Dauerberührungen¹

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	335	75.62
Schaltknauf	56	12.64
Sitzbezug	21	4.74
Handbremse	14	3.16
Türhalterung in der Seitenverkleidung	9	2.03
Scheibenwischer	2	0.45
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	1	0.23
Fensterheber	1	0.23
Gurtvorrichtung	1	0.23
Türöffner in der Seitenverkleidung	1	0.23
Radiosteuerung	1	0.23
Mittelkonsole	1	0.23
SUMME	443	~100

¹ Alle nicht berührten Bereiche (Häufigkeit = 0) werden in den folgenden Tabellen nicht mehr aufgeführt.

Tab. C.1.4: CLIO: Tabelle mit Einzeldaten der linken Hand

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	197	56.94
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	36	10.4
Fensterheber	30	8.67
Türhalterung in der Seitenverkleidung	20	5.78
Lichtverstellung und Lüftung links	19	5.49
Seitenspiegelverstellung	16	4.62
Sonnenblende	10	2.89
Türöffner	9	2.60
Sitzverstellung	4	1.16
Gurthalterung und Gurt	2	0.58
Sitzbezug	2	0.58
Lehnenverstellung	1	0.29
SUMME	346	~100

Tab. C.1.5: CLIO: Tabelle mit Einzeldaten der rechten Hand

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Schaltknauf	116	21.28
Lenkrad	93	17.06
Handbremse	52	9.54
Scheibenwischer	47	8.62
Klimaanlage	29	5.32
Sitzbezug	27	4.95
Cupholder	23	4.22
Radiosteuerung	19	3.49
Handschuhfach	17	3.12
Radiobedienung am Scheibenwischer	16	2.94
Lüftungsregelung	16	2.94
Warnblinkknopf	12	2.20
Zigarettenanzünder	11	2.02
Türverriegelung	10	1.83

Rückspiegel	10	1.83
Licht im Innenraum	9	1.65
Sonnenblende auf der Beifahrerseite	6	1.10
Zündschloss	6	1.10
Sitzverstellung	6	1.10
Mittelkonsole	5	0.92
Sonnenblende	5	0.92
Gurtvorrichtung	3	0.55
Lenkradhalterung	3	0.55
Ablage im Zwischenraum	2	0.37
Gurt auf der Beifahrerseite	1	0.18
Lehnenverstellung	1	0.18
SUMME	545	~100

Tab. C.1.6: CLIO: Tabelle mit Einzeldaten mit beiden Händen

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	101	83.47
Sitzbezug	12	9.92
Lehnenverstellung	3	2.48
Sonnenblende	3	2.48
Handschuhfach	1	0.83
Gurthalterung und Gurt	1	0.83
SUMME	121	~100

Tab. C.1.7: Laguna: Tabelle mit Einzeldaten aller Explorationen

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	515	42.53
Schaltknauf	124	10.24
Scheibenwischer	53	4.38
Armlehne und Fach	44	3.63
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	39	3.22

Radiosteuerung am Lenkrad	38	3.14
Radiosteuerung	37	3.06
Fensterheber	33	2.73
Sitzbezug	30	2.48
Mittelfach	28	2.31
Klimaanlage	26	2.15
Handbremsknopf	22	1.82
Lenkradtasten	20	1.65
Sonnenblende	17	1.40
Handschuhfach	17	1.40
Mittelfläche	14	1.16
Startknopf	12	0.99
Türverkleidung	11	0.91
Licht im Innenraum	11	0.91
Rückspiegel	11	0.91
Beifahrersitz	10	0.83
Sitzverstellung	10	0.83
Lüftungsregelung	10	0.83
Mittelkonsole	9	0.74
Lüftung auf der linken Seite	8	0.66
Spiegelverstellung	8	0.66
Lichtverstellung	7	0.58
Türöffner	6	0.50
Cupholder	6	0.50
Gurtverriegelung	5	0.41
Warnblinkknopf	5	0.41
Türverriegelungsknopf	5	0.41
Gurt	4	0.33
Sonnenblende auf der Beifahrerseite	4	0.33
Steckschlitz	3	0.25
Gurtbefestigung	2	0.17
Lenkradhalterung	2	0.17
Haltegriff an der Tür oben	2	0.17

Seitenspiegel	1	0.08
Digitalanzeige	1	0.08
Kleines Fach linke Seite	1	0.08
SUMME	1211	~100

Tab. C.1.8: Laguna: Tabelle mit Einzeldaten *echter* Explorationen

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	57	8.95
Schaltknauf	52	8.16
Scheibenwischer	51	8.01
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	38	5.97
Radiosteuerung am Lenkrad	38	5.97
Radiosteuerung	37	5.81
Armlehne und Fach	33	5.18
Fensterheber	32	5.02
Mittelfach	28	4.40
Klimaanlage	26	4.08
Handbremsknopf	21	3.30
Lenkradtasten	20	3.14
Sonnenblende	17	2.67
Handschuhfach	17	2.67
Sitzbezug	13	2.04
Startknopf	11	1.73
Rückspiegel	11	1.73
Licht im Innenraum	10	1.57
Sitzverstellung	10	1.57
Lüftungsregelung	10	1.57
Mittelfläche	9	1.41
Lüftung auf der linken Seite	9	1.41
Beifahrersitz	9	1.41
Mittelkonsole	9	1.41
Spiegelverstellung	8	1.26

Türverkleidung	7	1.10
Lichtverstellung	7	1.10
Türöffner	6	0.94
Cupholder	6	0.94
Gurtverriegelung	5	0.78
Warnblinkknopf	5	0.78
Türverriegelungsknopf	5	0.78
Gurt	4	0.63
Sonnenblende auf der Beifahrerseite	4	0.63
Steckschlitz	3	0.47
Gurtbefestigung	2	0.31
Lenkradhalterung	2	0.31
Haltegriff an der Tür oben	2	0.31
Seitenspiegel	1	0.16
Digitalanzeige	1	0.16
Kleines Fach linke Seite	1	0.16
SUMME	637	~100

Tab. C.1.9: Laguna: Tabelle mit Einzeldaten der Dauerberührungen²

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	458	79.79
Schaltknauf	72	12.54
Sitzbezug	17	2.96
Armlehne und Fach	11	1.92
Mittelfläche	5	0.87
Türverkleidung	4	0.70
Scheibenwischer	2	0.35
Fensterheber	1	0.17
Handbremsknopf	1	0.17
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	1	0.17

² Alle nicht berührten Bereiche (Häufigkeit = 0) werden in den folgenden Tabellen nicht mehr aufgeführt.

Beifahrersitz	1	0.17
Startknopf	1	0.17
SUMME	574	~100

Tab. C.1.10: Laguna: Tabelle mit Einzeldaten der linken Hand

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	291	66.9
Blinkerhebel (mit Lichtsteuerung)	39	8.97
Fensterheber	32	7.36
Sitzbezug	14	3.22
Türverkleidung	11	2.53
Lüftung auf der linken Seite	8	1.84
Spiegelverstellung	8	1.84
Lichtverstellung	7	1.61
Türöffner	6	1.38
Sonnenblende	4	0.92
Lenkradtasten	4	0.92
Sitzverstellung	3	0.69
Haltegriff an der Tür oben	2	0.46
Handbremsknopf	1	0.23
Steckschlitz	1	0.23
Cupholder	1	0.23
Gurtbefestigung	1	0.23
Seitenspiegel	1	0.23
Kleines Fach linke Seite	1	0.23
SUMME	435	~100

Tab. C.1.11: Laguna: Tabelle mit Einzeldaten der rechten Hand

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Schaltknauf	124	20.43
Lenkrad	94	15.49

Scheibenwischer	53	8.73
Armlehne und Fach	42	6.92
Radiosteuerung am Lenkrad	38	6.26
Radiosteuerung	37	6.10
Mittelfach	27	4.45
Klimaanlage	26	4.28
Handbremsknopf	21	3.46
Handschuhfach	17	2.80
Mittelfläche	14	2.31
Startknopf	12	1.98
Rückspiegel	11	1.81
Licht im Innenraum	11	1.81
Lüftungsregelung	10	1.65
Beifahrersitz	10	1.65
Mittelkonsole	9	1.48
Sonnenblende	8	1.32
Warnblinkknopf	5	0.82
Türverriegelung	5	0.82
Sitzverstellung	5	0.82
Gurtverriegelung	5	0.82
Cupholder	5	0.82
Sonnenblende auf der Beifahrerseite	4	0.66
Sitzbezug	4	0.66
Lenkradtasten	4	0.66
Steckschlitz	2	0.33
Lenkradhalterung	1	0.16
Gurtbefestigung	1	0.16
Fensterheber	1	0.16
Digitalanzeige	1	0.16
SUMME	607	~100

Tab. C.1.12: Laguna: Tabelle mit Einzeldaten beider Hände

Bereich	Häufigkeit der Berührungen	
	Absolut	in %
Lenkrad	130	76.92
Sitzbezug	12	7.10
Lenkradtasten	12	7.10
Sonnenblende	5	2.96
Gurt	4	2.37
Armlehne und Fach	2	1.18
Sitzverstellung	2	1.18
Mittelfach	1	0.59
Lenkradhalterung	1	0.59
SUMME	169	~100

C.2 SPSS Output

C.2.1 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit Gesamtdaten

Tab. C.2.1.1: Deskriptive Statistiken für die einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

	Deskriptive Statistiken		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.5110	.16593	33
2 Mittelkonsole	.0831	.07691	33
3 Tunnelkonsole	.1988	.11860	33
4 Bereich Sitz	.0553	.06099	33
5 Linke Seite	.0656	.05093	33
6 Bereich Oben	.0418	.05728	33
7 Beifahrerseite	.0444	.09376	33

Tab. C.2.1.2: Paarweise Vergleiche für die einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche					
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	p	95% Konfidenzintervall für die Differenz Min Max

1	2	.428	.037	.000*	.305	.550
	3	.312	.044	.000*	.166	.458
	4	.456	.032	.000*	.349	.562
	5	.445	.033	.000*	.337	.554
	6	.469	.034	.000*	.357	.581
	7	.467	.034	.000*	.353	.580
2	1	-.428	.037	.000*	-.550	-.305
	3	-.116	.019	.000*	-.179	-.053
	4	.028	.020	.982	-.038	.093
	5	.017	.014	.996	-.029	.064
	6	.041	.018	.454	-.018	.100
	7	.039	.024	.926	-.040	.118
3	1	-.312	.044	.000*	-.458	-.166
	2	.116	.019	.000*	.053	.179
	4	.143	.026	.000*	.059	.228
	5	.133	.022	.000*	.061	.206
	6	.157	.023	.000*	.081	.233
	7	.154	.031	.001*	.052	.257
4	1	-.456	.032	.000*	-.562	-.349
	2	-.028	.020	.982	-.093	.038
	3	-.143	.026	.000*	-.228	-.059
	5	-.010	.012	1.000	-.050	.029
	6	.014	.013	.999	-.029	.056
	7	.011	.019	1.000	-.053	.075
5	1	-.445	.033	.000*	-.554	-.337
	2	-.017	.014	.996	-.064	.029
	3	-.133	.022	.000*	-.206	-.061
	4	.010	.012	1.000	-.029	.050
	6	.024	.014	.894	-.023	.070
	7	.021	.021	1.000	-.047	.090
6	1	-.469	.034	.000*	-.581	-.357
	2	-.041	.018	.454	-.100	.018
	3	-.157	.023	.000*	-.233	-.081
	4	-.014	.013	.999	-.056	.029
	5	-.024	.014	.894	-.070	.023
	7	-.003	.017	1.000	-.060	.055
7	1	-.467	.034	.000*	-.580	-.353

2	-.039	.024	.926	-.118	.040
3	-.154	.031	.001*	-.257	-.052
4	-.011	.019	1.000	-.075	.053
5	-.021	.021	1.000	-.090	.047
6	.003	.017	1.000	-.055	.060

*: $p < .005$

C.2.2 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit Zeitdauer der Gesamtdaten

Tab. C.2.2.1: Deskriptive Statistiken für die Zeitdauer der einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

	Deskriptive Statistiken		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.5345	.18091	33
2 Mittelkonsole	.0672	.07251	33
3 Tunnelkonsole	.1899	.14642	33
4 Bereich Sitz	.0635	.07188	33
5 Linke Seite	.0494	.05203	33
6 Bereich Oben	.0459	.06064	33
7 Beifahrerseite	.0495	.11083	33

Tab. C.2.2.2: Sphärizitätstest für die ANOVA mit Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Mauchly-Test auf Sphärizität						
	<i>Mauchly-W</i>	<i>Approximiertes χ^2</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Greenhouse-Geisser</i>	ϵ <i>Huynh-Feldt</i> <i>Untergrenze</i>
Bereich	.042	94.215	20	.000	.453	.499 .167

Tab. C.2.2.3: ANOVA mit Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Tests der Innersubjekteffekte							
Quelle		Quadrat- summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	p	η_P^2
Bereich	Sphärizität angenommen	6.418	6	1.070	77.086	.000	.707
	Greenhouse-Geisser	6.418	2.716	2.363	77.086	.000	.707
	Huynh-Feldt	6.418	2.993	2.145	77.086	.000	.707
	Untergrenze	6.418	1.000	6.418	77.086	.000	.707
Fehler(Bereich)	Sphärizität angenommen	2.664	192	.014			
	Greenhouse-Geisser	2.664	86.916	.031			

Huynh-Feldt	2.664	95.760	.028
Untergrenze	2.664	32.000	.083

C.2.3 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit *echter* Exploration

Tab. C.2.3.1: Deskriptive Statistiken für die einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.3117	.15199	33
2 Mittelkonsole	.1578	.11550	33
3 Tunnelkonsole	.2621	.15805	33
4 Bereich Sitz	.0482	.07163	33
5 Linke Seite	.1015	.06638	33
6 Bereich Oben	.0631	.07284	33
7 Beifahrerseite	.0556	.06409	33

Tab. C.2.3.2: Paarweise Vergleiche für die einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	P	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.154	.033	.001*	.046	.262
	3	.050	.045	.999	-.100	.199
	4	.264	.032	.000*	.157	.370
	5	.210	.030	.000*	.112	.308
	6	.249	.035	.000*	.135	.362
	7	.256	.032	.000*	.149	.363
2	1	-.154	.033	.001*	-.262	-.046
	3	-.104	.041	.277	-.238	.030
	4	.110	.026	.003*	.025	.194
	5	.056	.023	.317	-.018	.131
	6	.095	.026	.023*	.008	.182
	7	.102	.026	.007*	.018	.186
3	1	-.050	.045	.999	-.199	.100
	2	.104	.041	.277	-.030	.238
	4	.214	.033	.000*	.105	.322

4	5	.161	.033	.001*	.051	.271
	6	.199	.031	.000*	.096	.302
	7	.207	.029	.000*	.112	.301
	1	-.264	.032	.000*	-.370	-.157
	2	-.110	.026	.003*	-.194	-.025
	3	-.214	.033	.000*	-.322	-.105
	5	-.053	.014	.016*	-.101	-.006
5	6	-.015	.014	.999	-.061	.031
	7	-.007	.018	1.000	-.066	.052
	1	-.210	.030	.000*	-.308	-.112
	2	-.056	.023	.317	-.131	.018
	3	-.161	.033	.001*	-.271	-.051
	4	.053	.014	.016*	.006	.101
	6	.038	.019	.651	-.023	.100
6	7	.046	.017	.216	-.010	.102
	1	-.249	.035	.000*	-.362	-.135
	2	-.095	.026	.023*	-.182	-.008
	3	-.199	.031	.000*	-.302	-.096
	4	.015	.014	.999	-.031	.061
	5	-.038	.019	.651	-.100	.023
	7	.008	.012	1.000	-.033	.048
7	1	-.256	.032	.000*	-.363	-.149
	2	-.102	.026	.007*	-.186	-.018
	3	-.207	.029	.000*	-.301	-.112
	4	.007	.018	1.000	-.052	.066
	5	-.046	.017	.216	-.102	.010
	6	-.008	.012	1.000	-.048	.033

*: $p < .005$

C.2.4 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit Zeitdauer der *echten* Exploration

Tab. C.2.4.1: Deskriptive Statistiken für die Zeitdauer der einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.3330	.15051	33
2 Mittelkonsole	.1169	.10936	33
3 Tunnelkonsole	.2123	.12391	33
4 Bereich Sitz	.0856	.09951	33
5 Linke Seite	.0817	.07344	33
6 Bereich Oben	.0816	.08506	33
7 Beifahrerseite	.0890	.18589	33

Tab. C.2.4.2: Sphärizitätstest für die ANOVA mit Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Mauchly-Test auf Sphärizität						
	<i>Mauchly-W</i>	<i>Approximiertes χ^2</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	ϵ <i>Greenhouse-Geisser</i>	<i>Untergrenze</i>
Bereich	.167	53.336	20	.000	.561	.167

Tab. C.2.4.3: ANOVA mit Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Tests der Innersubjekteffekte							
Quelle		<i>Quadratsumme vom Typ III</i>	<i>df</i>	<i>Mittel der Quadrate</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η_p^2
Bereich	Sphärizität angenommen	1.825	6	.304	17.050	.000	.348
	Greenhouse-Geisser	1.825	3.367	.542	17.050	.000	.348
	Huynh-Feldt	1.825	3.811	.479	17.050	.000	.348
	Untergrenze	1.825	1.000	1.825	17.050	.000	.348
Fehler(Bereich)	Sphärizität angenommen	3.426	192	.018			
	Greenhouse-Geisser	3.426	107.745	.032			
	Huynh-Feldt	3.426	121.943	.028			
	Untergrenze	3.426	32.000	.107			

C.2.5 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Lenkrad und Umgebung mit Gesamtdaten

Tab. C.2.5.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Lenkrad und Umgebung (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Lenkrad	.7219	.19345	33
2 Radiobedienung_Scheibenwischer	.0287	.04017	33
3 Scheibenwischer	.1062	.11444	33
4 Blinker_Licht	.0800	.08032	33
5 Zündschloss	.0120	.02776	33
6 Lichtverstellung_Lüftung	.0451	.09120	33
7 Lenkradhalterung	.0061	.02941	33

Tab. C.2.5.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Lenkrad und Umgebung (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
<i>(I)Ber eich</i>	<i>(J)Ber eich</i>	<i>Mittlere Differenz (I-J)</i>	<i>SE</i>	<i>p</i>	<i>95% Konfidenzintervall für die Differenz</i>	
					Min	Max
1	2	.693	.034	.000*	.581	.805
	3	.616	.051	.000*	.446	.785
	4	.642	.045	.000*	.494	.790
	5	.710	.035	.000*	.595	.824
	6	.677	.042	.000*	.538	.815
	7	.716	.035	.000*	.602	.830
2	1	-.693	.034	.000*	-.805	-.581
	3	-.078	.022	.022*	-.148	-.007
	4	-.051	.017	.104	-.108	.005
	5	.017	.009	.830	-.014	.047
	6	-.016	.018	1.000	-.077	.044
	7	.023	.009	.351	-.008	.053
3	1	-.616	.051	.000*	-.785	-.446
	2	.078	.022	.022*	.007	.148
	4	.026	.015	.858	-.023	.075
	5	.094	.020	.001*	.027	.161
	6	.061	.027	.454	-.026	.149
	7	.100	.020	.000*	.034	.166
4	1	-.642	.045	.000*	-.790	-.494

	2	.051	.017	.104	-.005	.108
	3	-.026	.015	.858	-.075	.023
	5	.068	.014	.001*	.020	.116
	6	.035	.022	.928	-.036	.106
	7	.074	.015	.000*	.025	.123
5	1	-.710	.035	.000*	-.824	-.595
	2	-.017	.009	.830	-.047	.014
	3	-.094	.020	.001*	-.161	-.027
	4	-.068	.014	.001*	-.116	-.020
	6	-.033	.016	.654	-.087	.020
	7	.006	.007	1.000	-.018	.030
6	1	-.677	.042	.000*	-.815	-.538
	2	.016	.018	1.000	-.044	.077
	3	-.061	.027	.454	-.149	.026
	4	-.035	.022	.928	-.106	.036
	5	.033	.016	.654	-.020	.087
	7	.039	.017	.464	-.017	.095
7	1	-.716	.035	.000*	-.830	-.602
	2	-.023	.009	.351	-.053	.008
	3	-.100	.020	.000*	-.166	-.034
	4	-.074	.015	.000*	-.123	-.025
	5	-.006	.007	1.000	-.030	.018
	6	-.039	.017	.464	-.095	.017

*: $p < .005$

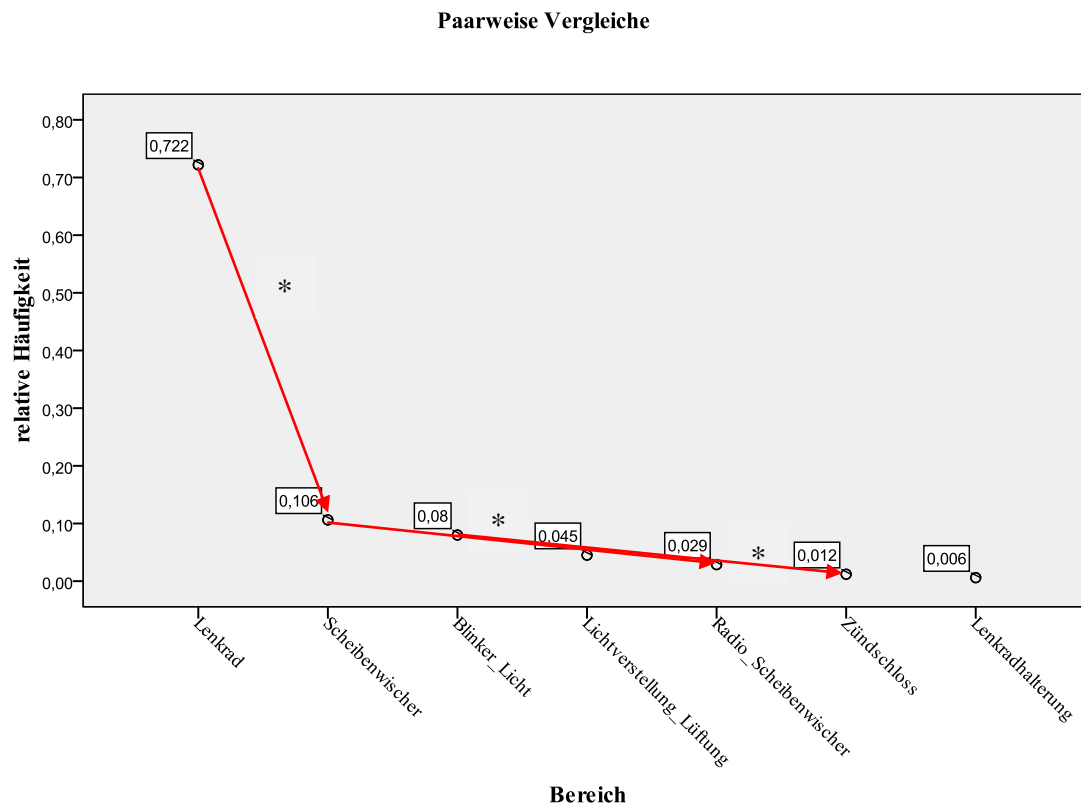


Abb. C.2.5.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Lenkrad und Umgebung; * = $p < .05^3$

C.2.6 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Mittelkonsole mit Gesamtdaten

Tab. C.2.6.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Mittelkonsole (Gesamtdaten)

	Deskriptive Statistiken		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Klima	.2813	.23923	24
2 Radio_Mitte	.2261	.23120	24
3 Warnblinkknopf	.1504	.23269	24
4 Lüftung und Regelung	.1570	.15557	24
5 Mittelkonsole	.0903	.22376	24
6 Türverriegelung	.0948	.14372	24

³ Wenn sich eine Stufe von mehreren anderen Stufen signifikant unterscheidet, dann wird zur besseren Übersicht nur die Signifikanz zur wertmäßig nächsten Stufe eingezeichnet. Es ist naheliegend, dass sich die Stufen mit niedrigeren Mittelwerten ebenfalls signifikant unterscheiden, was aber nicht zwingend der Fall ist. Daher soll bei Unsicherheit die dazu gehörige Tabelle der paarweisen Vergleiche konsultiert werden.

Tab. C.2.6.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Mittelkonsole (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	p	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.055	.069	1.000	-.169	.280
	3	.131	.084	.882	-.143	.405
	4	.124	.058	.491	-.066	.315
	5	.191	.075	.236	-.053	.435
	6	.187	.066	.133	-.028	.401
2	1	-.055	.069	1.000	-.280	.169
	3	.076	.079	.998	-.183	.334
	4	.069	.059	.988	-.124	.262
	5	.136	.074	.709	-.105	.377
	6	.131	.065	.579	-.082	.344
3	1	-.131	.084	.882	-.405	.143
	2	-.076	.079	.998	-.334	.183
	4	-.007	.061	1.000	-.206	.193
	5	.060	.072	1.000	-.173	.294
	6	.056	.047	.986	-.097	.208
4	1	-.124	.058	.491	-.315	.066
	2	-.069	.059	.988	-.262	.124
	3	.007	.061	1.000	-.193	.206
	5	.067	.064	.996	-.142	.276
	6	.062	.046	.960	-.089	.214
5	1	-.191	.075	.236	-.435	.053
	2	-.136	.074	.709	-.377	.105
	3	-.060	.072	1.000	-.294	.173
	4	-.067	.064	.996	-.276	.142
	6	-.005	.055	1.000	-.185	.176
6	1	-.187	.066	.133	-.401	.028
	2	-.131	.065	.579	-.344	.082
	3	-.056	.047	.986	-.208	.097
	4	-.062	.046	.960	-.214	.089
	5	.005	.055	1.000	-.176	.185

*: $p < .005$

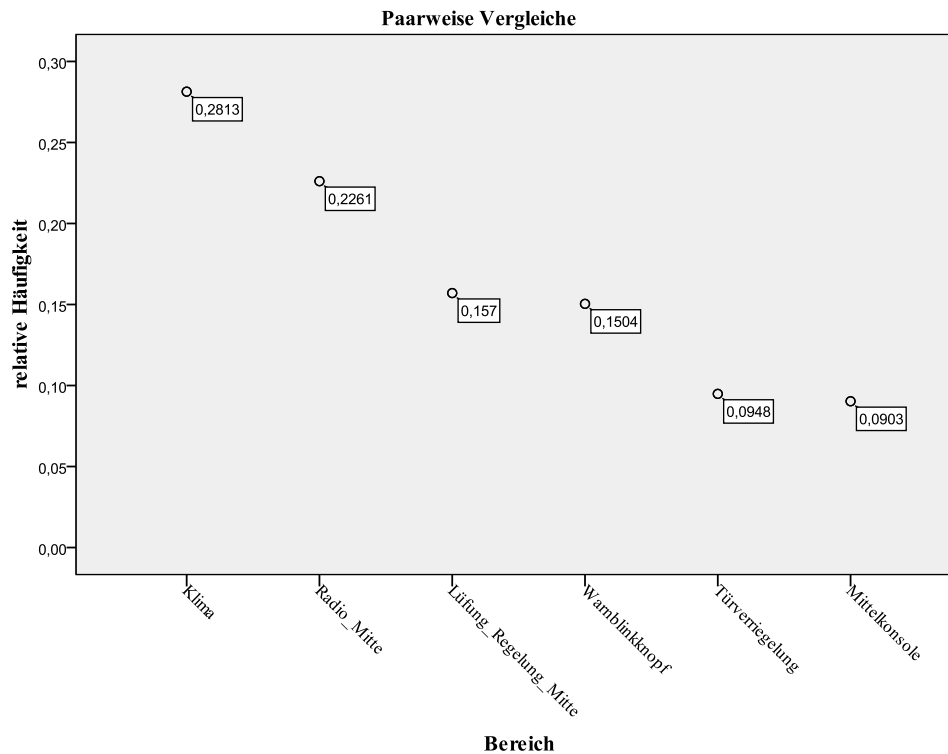


Abb. C.2.6.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Mittelkonsole;

C.2.7 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Tunnelkonsole mit Gesamtdaten

Tab. C.2.7.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Tunnelkonsole (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 AblageZwischenraum	.0105	.04172	31
2 Cupholder	.1646	.16214	31
3 Zigarettanzünder	.0654	.13105	31
4 Handbremse	.2417	.20911	31
5 Schaltknauf	.5178	.24449	31

Tab. C.2.7.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Tunnelkonsole (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	-.154	.030	.000*	-.245	-.064
	3	-.055	.020	.110	-.117	.007
	4	-.231	.040	.000*	-.351	-.112
	5	-.507	.047	.000*	-.649	-.366

2	1	.154	.030	.000*	.064	.245
	3	.099	.040	.163	-.020	.219
	4	-.077	.052	.802	-.234	.080
	5	-.353	.062	.000*	-.541	-.165
3	1	.055	.020	.110	-.007	.117
	2	-.099	.040	.163	-.219	.020
	4	-.176	.049	.011*	-.324	-.029
	5	-.452	.057	.000*	-.623	-.281
4	1	.231	.040	.000*	.112	.351
	2	.077	.052	.802	-.080	.234
	3	.176	.049	.011*	.029	.324
	5	-.276	.072	.006*	-.494	-.059
5	1	.507	.047	.000*	.366	.649
	2	.353	.062	.000*	.165	.541
	3	.452	.057	.000*	.281	.623
	4	.276	.072	.006*	.059	.494

*: $p < .005$

Paawweise Vergleiche

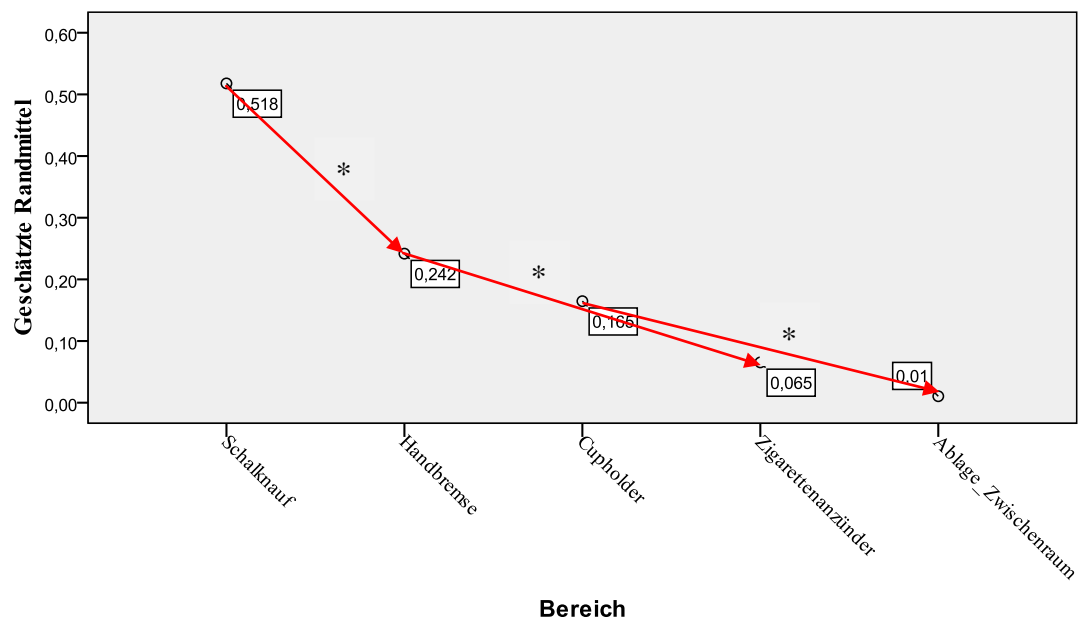


Abb. C.2.7.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Tunnelkonsole; * = $p < .05$

C.2.8 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Sitz mit Gesamtdaten

Tab. C.2.8.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Sitz (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Gurtvorrichtung	.0511	.21360	22
2 Sitzverstellung	.2098	.33296	22
3 Lehnenverstellung	.1174	.25544	22
4 Gurthalterung_Gurt	.0597	.21692	22
5 Sitzbezug	.5619	.47136	22

Tab. C.2.8.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Sitz (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	-.159	.090	.623	-.441	.123
	3	-.066	.075	.992	-.300	.168
	4	-.009	.067	1.000	-.217	.200
	5	-.511	.120	.004*	-.887	-.135
2	1	.159	.090	.623	-.123	.441
	3	.092	.083	.963	-.168	.353
	4	.150	.088	.668	-.126	.427
	5	-.352	.157	.304	-.842	.138
3	1	.066	.075	.992	-.168	.300
	2	-.092	.083	.963	-.353	.168
	4	.058	.076	.998	-.180	.295
	5	-.445	.137	.038*	-.873	-.016
4	1	.009	.067	1.000	-.200	.217
	2	-.150	.088	.668	-.427	.126
	3	-.058	.076	.998	-.295	.180
	5	-.502	.122	.005*	-.884	-.120
5	1	.511	.120	.004*	.135	.887
	2	.352	.157	.304	-.138	.842
	3	.445	.137	.038*	.016	.873
	4	.502	.122	.005*	.120	.884

*: $p < .005$

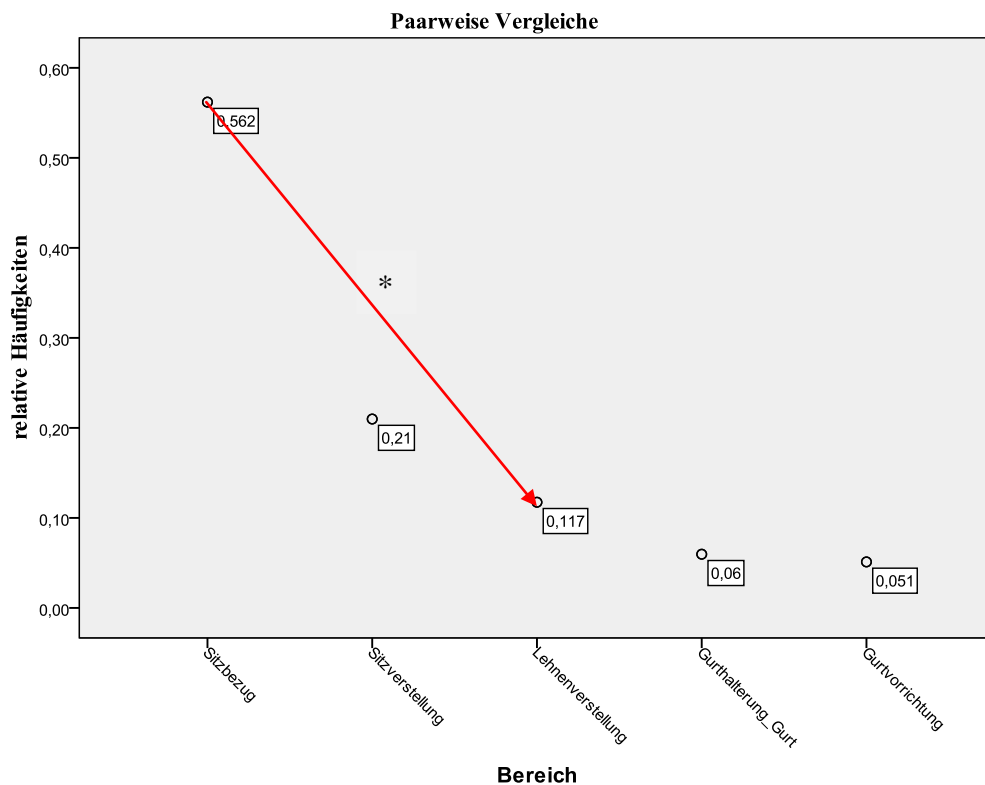


Abb. C.2.8.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Sitz; * = $p < .05$

C.2.9 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich linke Seite mit Gesamtdaten

Tab. C.2.9.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich linke Seite (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 rechte Türhalterung	.1874	.29933	27
2 Türöffner	.0992	.22479	27
3 Seitenspiegelverstellung	.2296	.26891	27
4 Fensterheber	.4837	.33663	27

Tab. C.2.9.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich linke Seite (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.088	.075	.821	-.125	.301
	3	-.042	.090	.998	-.299	.215

	4	-.296	.108	.062	-.603	.010
2	1	-.088	.075	.821	-.301	.125
	3	-.130	.075	.451	-.345	.084
	4	-.385	.091	.002*	-.644	-.125
3	1	.042	.090	.998	-.215	.299
	2	.130	.075	.451	-.084	.345
	4	-.254	.095	.073	-.524	.015
4	1	.296	.108	.062	-.010	.603
	2	.385	.091	.002*	.125	.644
	3	.254	.095	.073	-.015	.524

*: $p < .005$

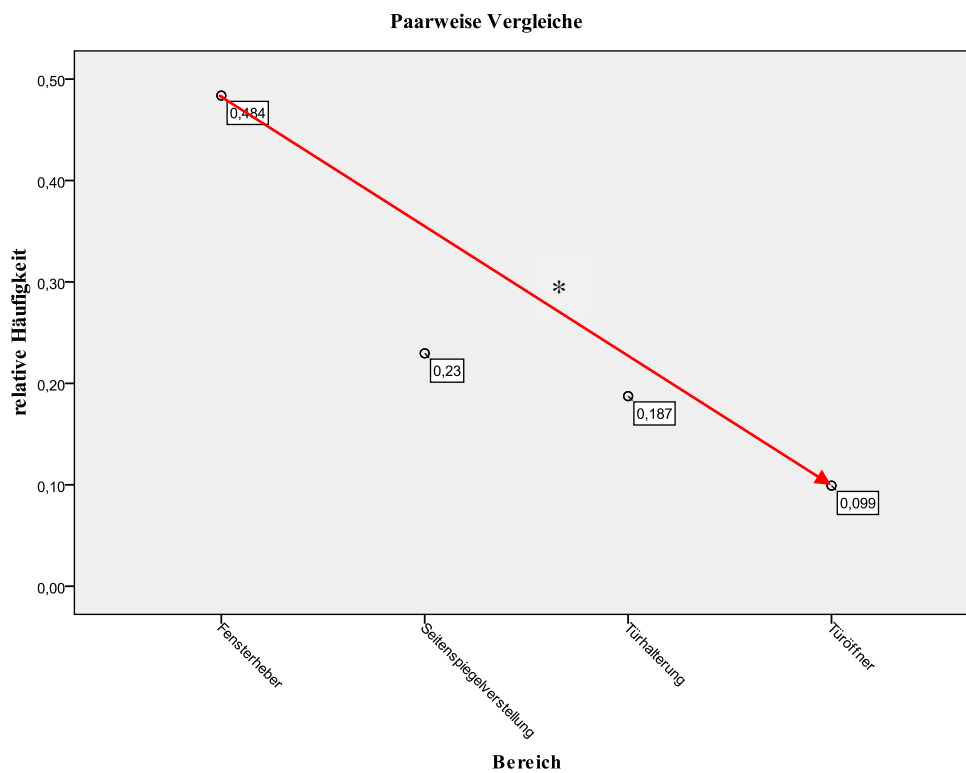


Abb. C.2.9.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich linke Seite; * = $p < .05$

C.2.10 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Oben mit Gesamtdaten

Tab. C.2.10.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Oben (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LichtRückspiegel	.1833	.24122	20
2 Sonnenblende	.5500	.35086	20
3 Rückspiegel	.2667	.32624	20

Tab. C.2.10.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Oben (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	-.367	.113	.013*	-.663	-.070
	3	-.083	.102	.807	-.349	.182
2	1	.367	.113	.013*	.070	.663
	3	.283	.142	.169	-.087	.654
3	1	.083	.102	.807	-.182	.349
	2	-.283	.142	.169	-.654	.087

*: $p < .005$

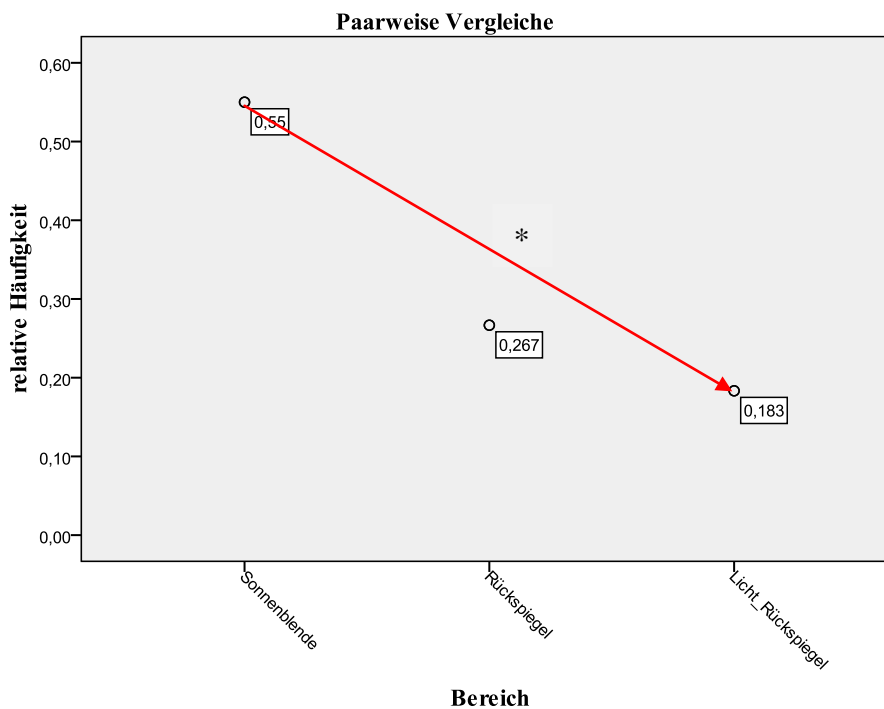


Abb. C.2.10.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Oben; * = $p < .05$

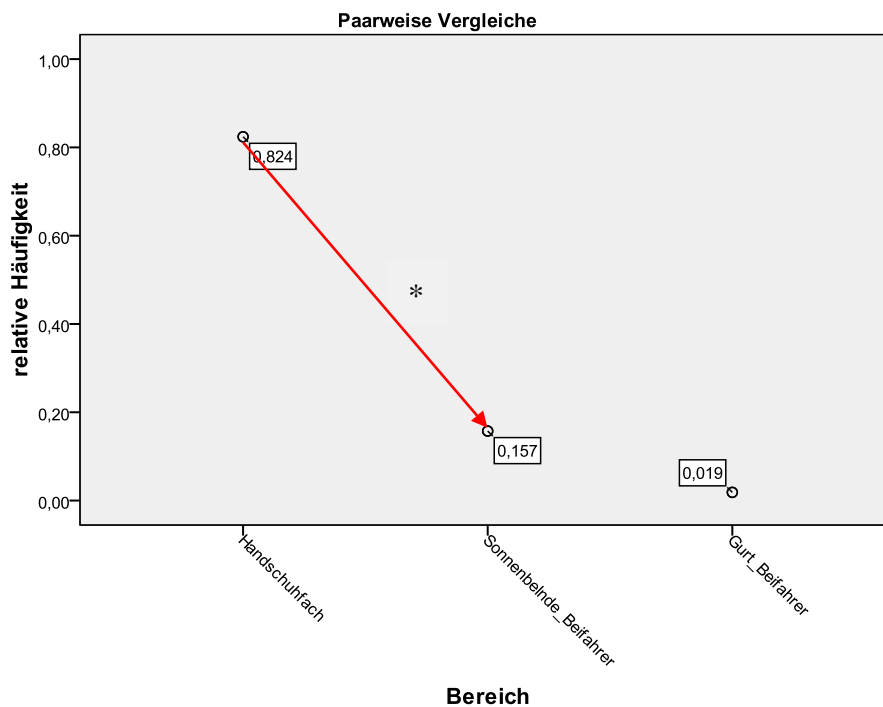
C.2.11 Renault Clio: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Beifahrerseite mit Gesamtdaten

Tab. C.2.11.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Beifahrerseite (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Sonnenblende_Beifahrer	.1574	.23201	18
2 GurtBeifahrer	.0185	.07857	18
3 Handschuhfach	.8241	.25866	18

Tab. C.2.11.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Beifahrerseite (Gesamtdaten)

		Paarweise Vergleiche				
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.139	.054	.060	-.005	.283
	3	-.667	.114	.000*	-.969	-.364
2	1	-.139	.054	.060	-.283	.005
	3	-.806	.072	.000*	-.995	-.616
3	1	.667	.114	.000*	.364	.969
	2	.806	.072	.000*	.616	.995

*: $p < .005$ Abb. C.2.11.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Beifahrerseite; * = $p < .05$

C.2.12 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit Gesamtdaten

Tab. C.2.12.1: Deskriptive Statistiken für die einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.5180	.17403	33
2 Mittelkonsole	.0838	.07361	33
3 Tunnelkonsole	.2283	.16656	33
4 Bereich Sitz	.0347	.06349	33
5 Linke Seite	.0622	.04851	33
6 Bereich Oben	.0372	.05279	33
7 Beifahrerseite	.0359	.05174	33

Tab. C.2.12.2: Paarweise Vergleiche für die einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

		Paarweise Vergleiche				
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.434	.033	.000*	.325	.543
	3	.290	.055	.000*	.109	.470
	4	.483	.033	.000*	.374	.593
	5	.456	.032	.000*	.351	.561
	6	.481	.035	.000*	.365	.596
	7	.482	.035	.000*	.366	.598
2	1	-.434	.033	.000*	-.543	-.325
	3	-.145	.034	.003*	-.256	-.033
	4	.049	.019	.242	-.012	.111
	5	.022	.014	.960	-.026	.069
	6	.047	.018	.246	-.012	.105
	7	.048	.018	.215	-.011	.107
3	1	-.290	.055	.000*	-.470	-.109
	2	.145	.034	.003*	.033	.256
	4	.194	.034	.000*	.082	.305
	5	.166	.033	.000*	.059	.274
	6	.191	.030	.000*	.091	.291
	7	.192	.030	.000*	.095	.290
4	1	-.483	.033	.000*	-.593	-.374
	2	-.049	.019	.242	-.111	.012
	3	-.194	.034	.000*	-.305	-.082
	5	-.027	.012	.441	-.067	.012

	6	-.002	.014	1.000	-.047	.042
	7	-.001	.015	1.000	-.049	.047
5	1	-.456	.032	.000*	-.561	-.351
	2	-.022	.014	.960	-.069	.026
	3	-.166	.033	.000*	-.274	-.059
	4	.027	.012	.441	-.012	.067
	6	.025	.013	.784	-.019	.069
	7	.026	.013	.651	-.016	.068
6	1	-.481	.035	.000*	-.596	-.365
	2	-.047	.018	.246	-.105	.012
	3	-.191	.030	.000*	-.291	-.091
	4	.002	.014	1.000	-.042	.047
	5	-.025	.013	.784	-.069	.019
	7	.001	.006	1.000	-.018	.021
7	1	-.482	.035	.000*	-.598	-.366
	2	-.048	.018	.215	-.107	.011
	3	-.192	.030	.000*	-.290	-.095
	4	.001	.015	1.000	-.047	.049
	5	-.026	.013	.651	-.068	.016
	6	-.001	.006	1.000	-.021	.018

*: $p < .005$

C.2.13 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit Zeitdauer der Gesamtdaten

Tab. C.2.13.1: Deskriptive Statistiken für die Zeitdauer der einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.5267	.19237	33
2 Mittelkonsole	.0755	.09070	33
3 Tunnelkonsole	.2397	.17569	33
4 Bereich Sitz	.0395	.06284	33
5 Linke Seite	.0550	.04613	33
6 Bereich Oben	.0337	.04796	33
7 Beifahrerseite	.0298	.04266	33

Tab. C.2.13.2: Sphärizitätstest für die ANOVA für Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Mauchly-Test auf Sphärizität						
	<i>Mauchly</i> - <i>W</i>	<i>Approximiertes</i> χ^2	<i>df</i>	<i>p</i>	ε <i>Greenhouse-</i> <i>Geisser</i>	<i>Untergrenze</i>
Bereich	.002	182.116	20	.000	.336	.167

Tab. C.2.13.3: ANOVA mit Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (Gesamtdaten)

Tests der Innersubjekteffekte							
Quelle		Quadrat- summe vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	p	η_P^2
Bereich	Sphärizität angenommen	6.743	6	1.124	78.135	.000	.709
	Greenhouse-Geisser	6.743	2.016	3.344	78.135	.000	.709
	Huynh-Feldt	6.743	2.153	3.133	78.135	.000	.709
	Untergrenze	6.743	1.000	6.743	78.135	.000	.709
Fehler(Bereich)	Sphärizität angenommen	2.762	192	.014			
	Greenhouse-Geisser	2.762	64.524	.043			
	Huynh-Feldt	2.762	68.881	.040			
	Untergrenze	2.762	32.000	.086			

C.2.14 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit echter Exploration

Tab. C.2.14.1: Deskriptive Statistiken für die einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.3985	.30614	33
2 Mittelkonsole	.5075	.68506	33
3 Tunnelkonsole	.2621	.15805	33
4 Bereich Sitz	.0482	.07163	33
5 Linke Seite	.2188	.42208	33
6 Bereich Oben	.0631	.07284	33
7 Beifahrerseite	.1721	.33395	33

Tab. C.2.14.2: Paarweise Vergleiche für die einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

(I)Bereich	(J)Bereich	Paarweise Vergleiche				
		Mittlere	SE	p	95% Konfidenzintervall für die	
		Differenz (I-J)			Differenz Min	Max
1	2	-.109	.120	1.000	-.504	.286
	3	.136	.066	.629	-.080	.353
	4	.350	.058	.000*	.161	.540
	5	.180	.087	.646	-.108	.468
	6	.335	.059	.000*	.141	.530
	7	.226	.072	.075	-.011	.464
	7	.226	.072	.075	-.011	.464
2	1	.109	.120	1.000	-.286	.504
	3	.245	.131	.786	-.187	.677
	4	.459	.122	.015*	.056	.862
	5	.289	.135	.576	-.155	.732
	6	.444	.122	.019*	.044	.845
	7	.335	.132	.288	-.099	.769
	7	.335	.132	.288	-.099	.769
3	1	-.136	.066	.629	-.353	.080
	2	-.245	.131	.786	-.677	.187
	4	.214	.033	.000*	.105	.322
	5	.043	.081	1.000	-.225	.311
	6	.199	.031	.000*	.096	.302
	7	.090	.066	.986	-.128	.308
	7	.090	.066	.986	-.128	.308
4	1	-.350	.058	.000*	-.540	-.161
	2	-.459	.122	.015*	-.862	-.056
	3	-.214	.033	.000*	-.322	-.105
	5	-.171	.071	.370	-.403	.062
	6	-.015	.014	.999	-.061	.031
	7	-.124	.059	.609	-.318	.070
	7	-.124	.059	.609	-.318	.070
5	1	-.180	.087	.646	-.468	.108
	2	-.289	.135	.576	-.732	.155
	3	-.043	.081	1.000	-.311	.225
	4	.171	.071	.370	-.062	.403
	6	.156	.073	.590	-.086	.397
	7	.047	.077	1.000	-.208	.302
	7	.047	.077	1.000	-.208	.302
6	1	-.335	.059	.000*	-.530	-.141
	2	-.444	.122	.019*	-.845	-.044
	3	-.199	.031	.000*	-.302	-.096
	4	.015	.014	.999	-.031	.061
	5	-.156	.073	.590	-.397	.086
	7	-.109	.057	.752	-.296	.078
	7	-.109	.057	.752	-.296	.078

7	1	-.226	.072	.075	-.464	.011
	2	-.335	.132	.288	-.769	.099
	3	-.090	.066	.986	-.308	.128
	4	.124	.059	.609	-.070	.318
	5	-.047	.077	1.000	-.302	.208
	6	.109	.057	.752	-.078	.296

*: $p < .005$

C.2.15 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für Bereich mit der Zeitdauer der echten Exploration

Tab. C.2.15.1: Deskriptive Statistiken für die Zeitdauer der einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 LenkradUmgebung	.2900	.16023	33
2 Mittelkonsole	.1463	.13080	33
3 Tunnelkonsole	.2998	.19845	33
4 Bereich Sitz	.0620	.11096	33
5 Linke Seite	.0965	.06611	33
6 Bereich Oben	.0586	.07051	33
7 Beifahrerseite	.0467	.05418	33

Tab. C.2.15.2: Sphärizitätstest für die ANOVA für Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Mauchly-Test auf Sphärizität						
	<i>Mauchly-W</i>	<i>Approximiertes χ^2</i>	<i>df</i>	<i>p</i>	<i>Greenhouse-Geisser</i>	ϵ <i>Huynh-Feldt</i> <i>Untergrenze</i>
Bereich	.033	101.951	20	.000	.520	.582 .167

Tab. C.2.15.3: ANOVA mit Messwiederholung mit der Zeitdauer der einzelnen Bereiche (*echte* Exploration)

Tests der Innersubjekteffekte							
<i>Quelle</i>		<i>Quadrat-summe vom</i>	<i>df</i>	<i>Mittel der</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	η_P^2
		<i>Typ III</i>		<i>Quadrate</i>			
Bereich	Sphärizität angenommen	2.353	6	.392	22.045	.000	.408
	Greenhouse-Geisser	2.353	3.119	.755	22.045	.000	.408
	Huynh-Feldt	2.353	3.494	.673	22.045	.000	.408
	Untergrenze	2.353	1.000	2.353	22.045	.000	.408

Fehler(Bereich)	Sphärizität angenommen	3.416	192	.018
	Greenhouse-Geisser	3.416	99.801	.034
	Huynh-Feldt	3.416	111.818	.031
	Untergrenze	3.416	32.000	.107

C.2.16 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Lenkrad und Umgebung mit Gesamtdaten

Tab. C.2.16.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Lenkrad und Umgebung (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Lenkrad	.7515	.23848	32
2 Scheibenwischer	.0820	.09843	32
3 Lenkradtasten	.0247	.03903	32
4 Blinker_Licht	.0876	.17615	32
5 Radio_Lenkrad	.0502	.05750	32
6 Lenkradhalterung	.0028	.01121	32
7 Hupe	.0012	.00680	32

Tab. C.2.16.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Lenkrad und Umgebung (Gesamtdaten)

		Paarweise Vergleiche				
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.669	.055	.000*	.488	.851
	3	.727	.046	.000*	.574	.879
	4	.664	.069	.000*	.437	.891
	5	.701	.047	.000*	.546	.856
	6	.749	.042	.000*	.609	.888
	7	.750	.042	.000*	.611	.889
2	1	-.669	.055	.000*	-.851	-.488
	3	.057	.014	.006*	.011	.104
	4	-.006	.035	1.000	-.120	.109
	5	.032	.017	.805	-.025	.089
	6	.079	.017	.002*	.022	.137
	7	.081	.018	.001*	.023	.139
3	1	-.727	.046	.000*	-.879	-.574
	2	-.057	.014	.006*	-.104	-.011
	4	-.063	.032	.708	-.168	.042
	5	-.026	.010	.240	-.058	.006

4	6	.022	.007	.101	-.002	.046
	7	.023	.007	.040*	.001	.046
	1	-.664	.069	.000*	-.891	-.437
	2	.006	.035	1.000	-.109	.120
	3	.063	.032	.708	-.042	.168
	5	.037	.033	.999	-.072	.147
	6	.085	.031	.201	-.018	.188
5	7	.086	.031	.181	-.017	.189
	1	-.701	.047	.000*	-.856	-.546
	2	-.032	.017	.805	-.089	.025
	3	.026	.010	.240	-.006	.058
	4	-.037	.033	.999	-.147	.072
	6	.047	.011	.002*	.012	.082
	7	.049	.010	.001*	.015	.083
6	1	-.749	.042	.000*	-.888	-.609
	2	-.079	.017	.002*	-.137	-.022
	3	-.022	.007	.101	-.046	.002
	4	-.085	.031	.201	-.188	.018
	5	-.047	.011	.002*	-.082	-.012
	7	.002	.002	1.000	-.006	.009
7	1	-.750	.042	.000*	-.889	-.611
	2	-.081	.018	.001*	-.139	-.023
	3	-.023	.007	.040*	-.046	.000
	4	-.086	.031	.181	-.189	.017
	5	-.049	.010	.001*	-.083	-.015
	6	-.002	.002	1.000	-.009	.006

*: $p < .005$

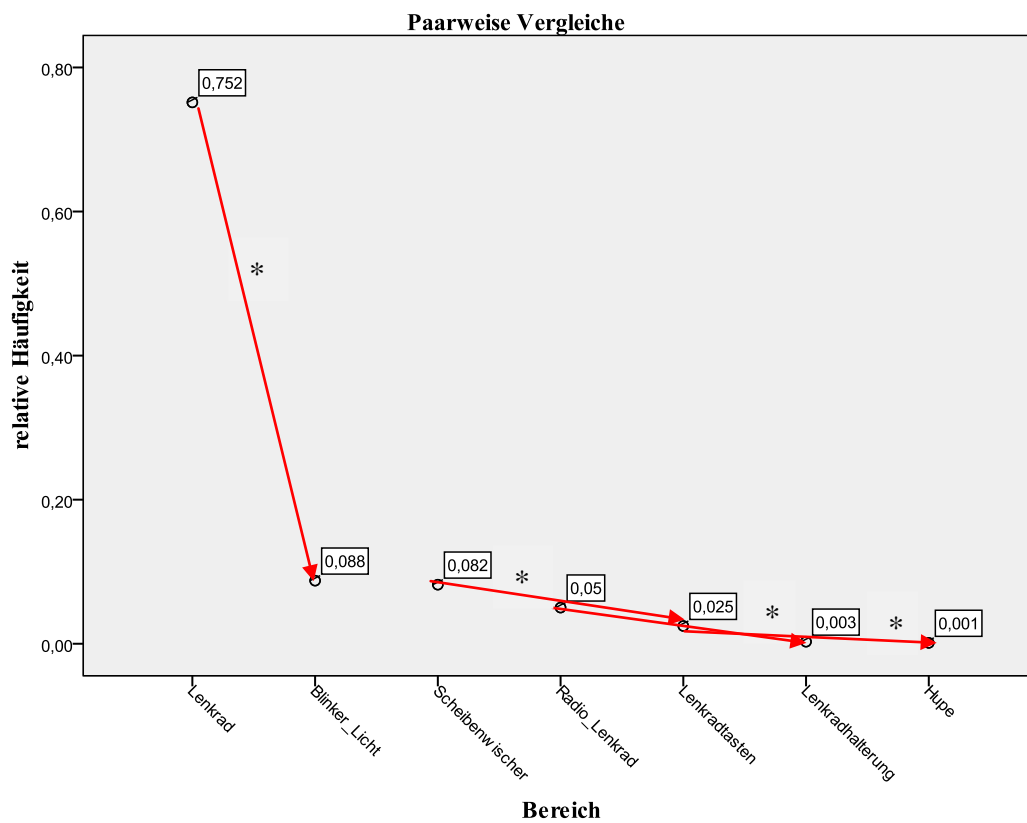


Abb. C.2.16.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Lenkrad und Umgebung; * = $p < .05$

C.2.17 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Mittelkonsole mit Gesamtdaten

Tab. C.2.17.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Mittelkonsole (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Radio_Mitte	.3601	.30239	28
2 Klima	.2135	.25172	28
3 Startknopf	.0986	.18727	28
4 Lüftung_Mitte	.0732	.12898	28
5 Mittelkonsole	.1168	.27583	28
6 Türverriegelungsknopf	.0232	.05449	28
7 Warnblinkknopf	.0200	.04569	28
8 Steckschlitz	.0383	.13111	28
9 Digitalanzeige	.0040	.02100	28
10 Cupholder	.0524	.12237	28

Tab. C.2.17.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Mittelkonsole (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	P	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.147	.087	.993	-.170	.463
	3	.261	.067	.025*	.018	.504
	4	.287	.067	.010*	.043	.531
	5	.243	.091	.425	-.086	.573
	6	.337	.061	.000*	.115	.559
	7	.340	.058	.000*	.127	.553
	8	.322	.065	.001*	.086	.557
	9	.356	.058	.000*	.145	.567
	10	.308	.068	.005*	.060	.556
2	1	-.147	.087	.993	-.463	.170
	3	.115	.068	.992	-.131	.361
	4	.140	.050	.329	-.041	.321
	5	.097	.080	1.000	-.195	.388
	6	.190	.047	.016*	.021	.360
	7	.194	.049	.021*	.016	.371
	8	.175	.059	.238	-.039	.389
	9	.210	.048	.007*	.036	.383
	10	.161	.053	.196	-.030	.352
3	1	-.261	.067	.025*	-.504	-.018
	2	-.115	.068	.992	-.361	.131
	4	.025	.045	1.000	-.140	.191
	5	-.018	.068	1.000	-.264	.228
	6	.075	.038	.936	-.064	.215
	7	.079	.038	.880	-.058	.215
	8	.060	.046	1.000	-.107	.228
	9	.095	.035	.416	-.033	.222
	10	.046	.046	1.000	-.120	.212
4	1	-.287	.067	.010*	-.531	-.043
	2	-.140	.050	.329	-.321	.041
	3	-.025	.045	1.000	-.191	.140
	5	-.044	.062	1.000	-.267	.180
	6	.050	.026	.956	-.045	.145
	7	.053	.025	.838	-.036	.143
	8	.035	.037	1.000	-.101	.171
	9	.069	.025	.375	-.022	.161
	10	.021	.035	1.000	-.107	.149
5	1	-.243	.091	.425	-.573	.086

	2	-.097	.080	1.000	-.388	.195
	3	.018	.068	1.000	-.228	.264
	4	.044	.062	1.000	-.180	.267
	6	.094	.054	.987	-.101	.288
	7	.097	.053	.975	-.096	.289
	8	.079	.060	1.000	-.141	.298
	9	.113	.052	.833	-.076	.302
	10	.064	.060	1.000	-.155	.284
6	1	-.337	.061	.000*	-.559	-.115
	2	-.190	.047	.016*	-.360	-.021
	3	-.075	.038	.936	-.215	.064
	4	-.050	.026	.956	-.145	.045
	5	-.094	.054	.987	-.288	.101
	7	.003	.008	1.000	-.027	.033
	8	-.015	.028	1.000	-.116	.086
	9	.019	.011	.992	-.022	.060
	10	-.029	.025	1.000	-.119	.061
7	1	-.340	.058	.000*	-.553	-.127
	2	-.194	.049	.021*	-.371	-.016
	3	-.079	.038	.880	-.215	.058
	4	-.053	.025	.838	-.143	.036
	5	-.097	.053	.975	-.289	.096
	6	-.003	.008	1.000	-.033	.027
	8	-.018	.027	1.000	-.117	.080
	9	.016	.010	.996	-.020	.052
	10	-.032	.026	1.000	-.127	.062
8	1	-.322	.065	.001*	-.557	-.086
	2	-.175	.059	.238	-.389	.039
	3	-.060	.046	1.000	-.228	.107
	4	-.035	.037	1.000	-.171	.101
	5	-.079	.060	1.000	-.298	.141
	6	.015	.028	1.000	-.086	.116
	7	.018	.027	1.000	-.080	.117
	9	.034	.025	1.000	-.058	.126
	10	-.014	.025	1.000	-.105	.077
9	1	-.356	.058	.000*	-.567	-.145
	2	-.210	.048	.007*	-.383	-.036
	3	-.095	.035	.416	-.222	.033
	4	-.069	.025	.375	-.161	.022
	5	-.113	.052	.833	-.302	.076
	6	-.019	.011	.992	-.060	.022

	7	-.016	.010	.996	-.052	.020
	8	-.034	.025	1.000	-.126	.058
	10	-.048	.023	.878	-.132	.036
10	1	-.308	.068	.005*	-.556	-.060
	2	-.161	.053	.196	-.352	.030
	3	-.046	.046	1.000	-.212	.120
	4	-.021	.035	1.000	-.149	.107
	5	-.064	.060	1.000	-.284	.155
	6	.029	.025	1.000	-.061	.119
	7	.032	.026	1.000	-.062	.127
	8	.014	.025	1.000	-.077	.105
	9	.048	.023	.878	-.036	.132

*: $p < .005$

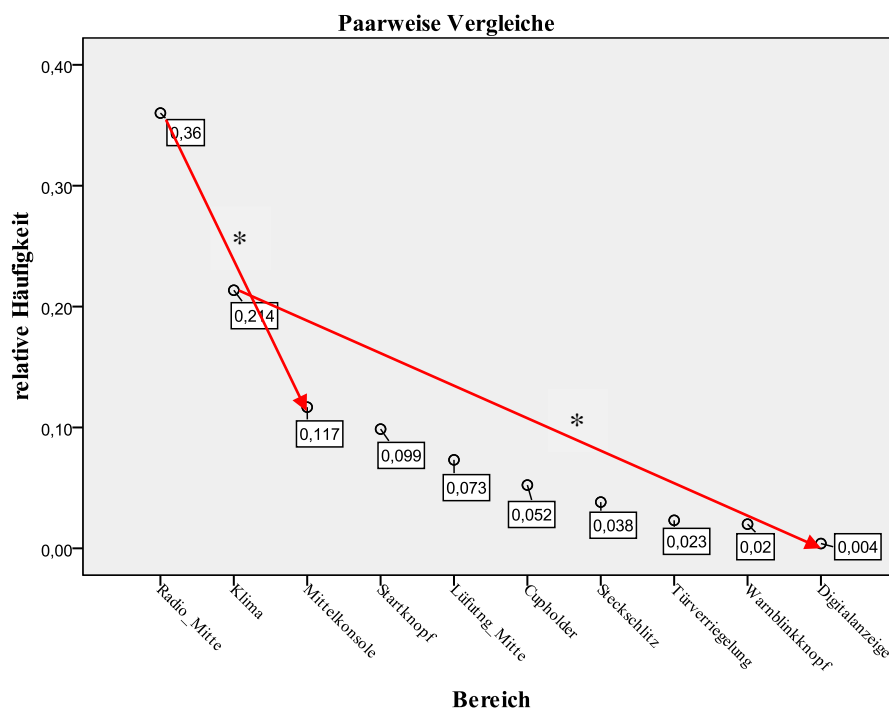


Abb. C.2.17.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Mittelkonsole; * = $p < .05$

C.2.18 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Tunnelkonsole mit Gesamtdaten

Tab. C.2.18.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Tunnelkonsole (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Schaltknauf	.4876	.27987	33

2 Handbremsknopf	.0827	.11285	33
3 Mittelfach	.1459	.13154	33
4 Mittelfläche	.0592	.12159	33
5 Armlehne_Fach	.2246	.22340	33

Tab. C.2.18.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Tunnelkonsole (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	P	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.405	.055	.000*	.239	.570
	3	.342	.064	.000*	.148	.535
	4	.428	.058	.000*	.253	.604
	5	.263	.081	.026*	.020	.506
2	1	-.405	.055	.000*	-.570	-.239
	3	-.063	.029	.309	-.150	.024
	4	.024	.030	.997	-.067	.114
	5	-.142	.049	.065	-.289	.005
3	1	-.342	.064	.000*	-.535	-.148
	2	.063	.029	.309	-.024	.150
	4	.087	.033	.122	-.012	.186
	5	-.079	.043	.533	-.207	.049
4	1	-.428	.058	.000*	-.604	-.253
	2	-.024	.030	.997	-.114	.067
	3	-.087	.033	.122	-.186	.012
	5	-.165	.046	.010*	-.302	-.028
5	1	-.263	.081	.026*	-.506	-.020
	2	.142	.049	.065	-.005	.289
	3	.079	.043	.533	-.049	.207
	4	.165	.046	.010*	.028	.302

*: $p < .005$

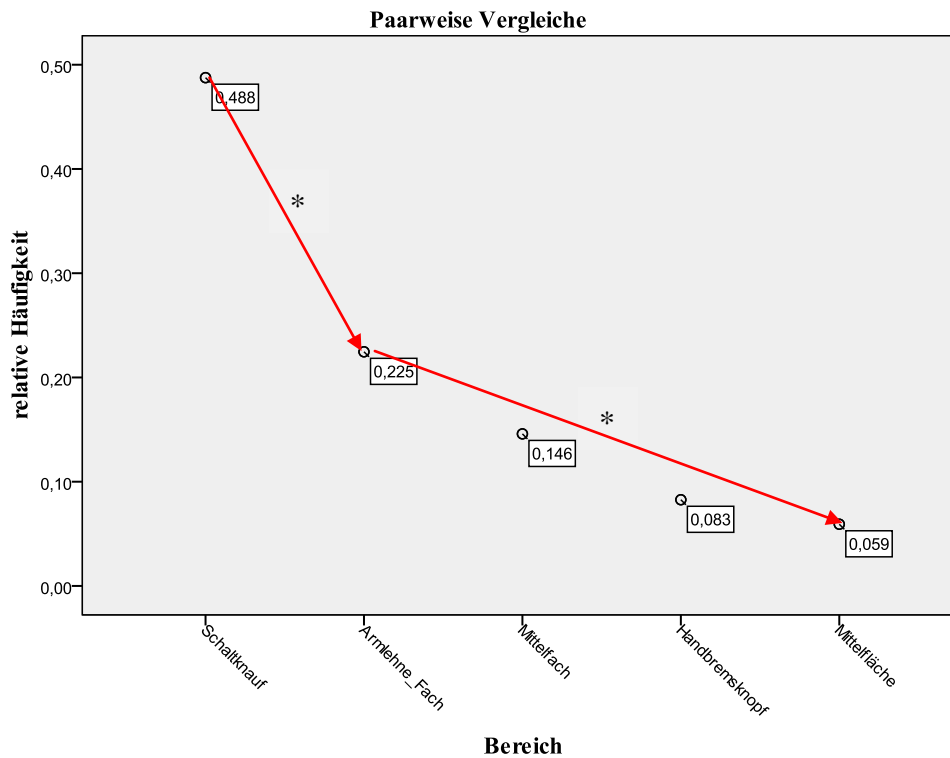


Abb. C.2.18.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Tunnelkonsole; * = $p < .05$

C.2.19 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Sitz mit Gesamtdaten

Tab. C.2.19.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Sitz (Gesamtdaten)

	Deskriptive Statistiken		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Sitzbezug	.5016	.49641	16
2 Gurtverriegelung	.0544	.10765	16
3 Gurt	.1083	.26874	16
4 Gurtbefestigung	.0183	.06272	16
5 Sitzverstellung	.3173	.43144	16

Tab. C.2.19.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Sitz (Gesamtdaten)

(I)Bereich	(J)Bereich	Paarweise Vergleiche				
		Mittlere Differenz	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
		(I-J)			Min	Max
1	2	.447	.137	.052	-.002	.897
	3	.393	.163	.254	-.140	.926
	4	.483*	.129	.019	.062	.905

2	5	.184	.218	.995	-.530	.899
	1	-.447	.137	.052	-.897	.002
	3	-.054	.067	.996	-.272	.164
	4	.036	.023	.792	-.041	.113
3	5	-.263	.111	.276	-.627	.101
	1	-.393	.163	.254	-.926	.140
	2	.054	.067	.996	-.164	.272
	4	.090	.071	.920	-.142	.322
4	5	-.209	.138	.807	-.662	.244
	1	-.483*	.129	.019	-.905	-.062
	2	-.036	.023	.792	-.113	.041
	3	-.090	.071	.920	-.322	.142
5	5	-.299	.108	.133	-.652	.054
	1	-.184	.218	.995	-.899	.530
	2	.263	.111	.276	-.101	.627
	3	.209	.138	.807	-.244	.662
	4	.299	.108	.133	-.054	.652

*: $p < .005$

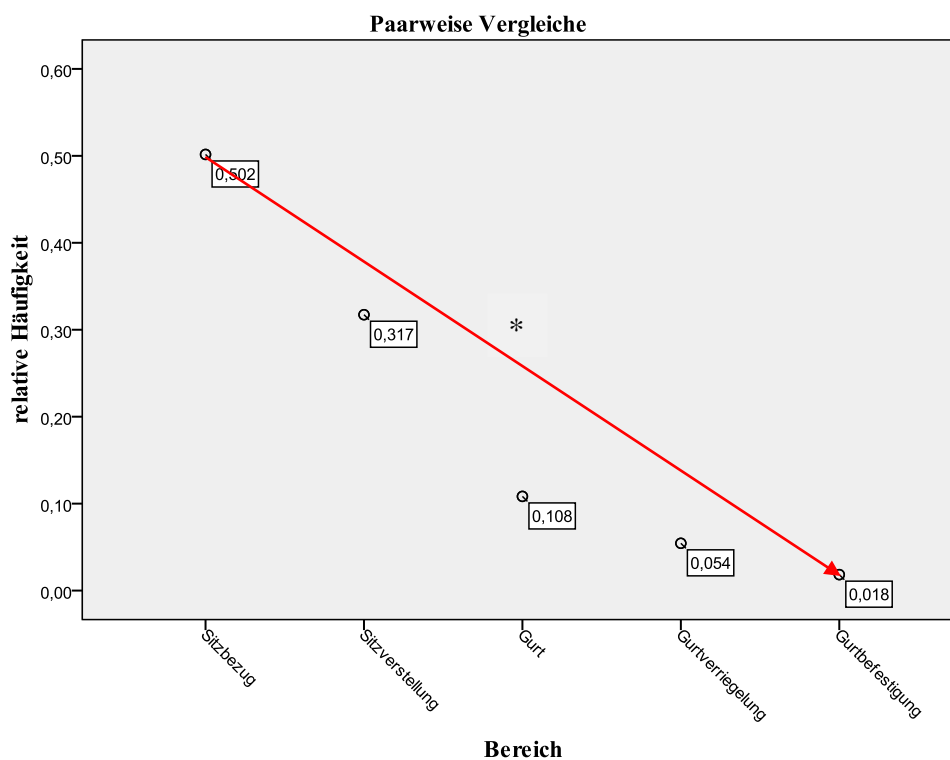


Abb. C.2.19.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Sitz; * = $p < .05$

C.2.20 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich linke Seite mit Gesamtdaten

Tab. C.2.20.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich linke Seite (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Fensterheber	.4870	.32860	27
2 Türöffner	.0599	.11878	27
3 Türverkleidung	.1698	.31474	27
4 Lüftung_links	.0877	.13063	27
5 Spiegelverstellung	.0920	.17267	27
6 Lichtverstellung	.0722	.12710	27
7 Seitenspiegel	.0074	.03849	27
8 HalterungTürOben	.0148	.05338	27
9 klFachlinks	.0093	.04811	27

Tab. C.2.20.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich linke Seite (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					<i>Min</i>	<i>Max</i>
1	2	.427	.068	.000*	.183	.671
	3	.317	.108	.218	-.068	.703
	4	.399	.074	.000*	.136	.663
	5	.395	.080	.002*	.108	.682
	6	.415	.073	.000*	.154	.676
	7	.480	.066	.000*	.245	.715
	8	.472	.067	.000*	.232	.713
	9	.478	.065	.000*	.245	.711
2	1	-.427	.068	.000*	-.671	-.183
	3	-.110	.066	.984	-.346	.126
	4	-.028	.036	1.000	-.157	.101
	5	-.032	.044	1.000	-.189	.125
	6	-.012	.038	1.000	-.148	.124
	7	.052	.022	.620	-.027	.132
	8	.045	.024	.935	-.041	.131
	9	.051	.026	.883	-.040	.142
3	1	-.317	.108	.218	-.703	.068
	2	.110	.066	.984	-.126	.346

	4	.082	.073	1.000	-.177	.341
	5	.078	.077	1.000	-.195	.351
	6	.098	.072	.999	-.160	.355
	7	.162	.061	.376	-.055	.380
	8	.155	.062	.503	-.067	.376
	9	.160	.062	.440	-.062	.383
4	1	-.399	.074	.000*	-.663	-.136
	2	.028	.036	1.000	-.101	.157
	3	-.082	.073	1.000	-.341	.177
	5	-.004	.040	1.000	-.146	.137
	6	.015	.025	1.000	-.073	.104
	7	.080	.027	.210	-.017	.177
	8	.073	.027	.348	-.023	.169
	9	.078	.028	.287	-.021	.178
5	1	-.395	.080	.002*	-.682	-.108
	2	.032	.044	1.000	-.125	.189
	3	-.078	.077	1.000	-.351	.195
	4	.004	.040	1.000	-.137	.146
	6	.020	.040	1.000	-.123	.163
	7	.085	.033	.459	-.034	.203
	8	.077	.033	.629	-.040	.195
	9	.083	.033	.484	-.034	.200
6	1	-.415	.073	.000*	-.676	-.154
	2	.012	.038	1.000	-.124	.148
	3	-.098	.072	.999	-.355	.160
	4	-.015	.025	1.000	-.104	.073
	5	-.020	.040	1.000	-.163	.123
	7	.065	.026	.532	-.029	.159
	8	.057	.026	.731	-.035	.150
	9	.063	.024	.376	-.021	.147
7	1	-.480	.066	.000*	-.715	-.245
	2	-.052	.022	.620	-.132	.027
	3	-.162	.061	.376	-.380	.055
	4	-.080	.027	.210	-.177	.017
	5	-.085	.033	.459	-.203	.034
	6	-.065	.026	.532	-.159	.029
	8	-.007	.007	1.000	-.034	.019

	9	-.002	.012	1.000	-.045	.041
8	1	-.472	.067	.000*	-.713	-.232
	2	-.045	.024	.935	-.131	.041
	3	-.155	.062	.503	-.376	.067
	4	-.073	.027	.348	-.169	.023
	5	-.077	.033	.629	-.195	.040
	6	-.057	.026	.731	-.150	.035
	7	.007	.007	1.000	-.019	.034
	9	.006	.014	1.000	-.045	.056
9	1	-.478	.065	.000*	-.711	-.245
	2	-.051	.026	.883	-.142	.040
	3	-.160	.062	.440	-.383	.062
	4	-.078	.028	.287	-.178	.021
	5	-.083	.033	.484	-.200	.034
	6	-.063	.024	.376	-.147	.021
	7	.002	.012	1.000	-.041	.045
	8	-.006	.014	1.000	-.056	.045

*: $p < .005$

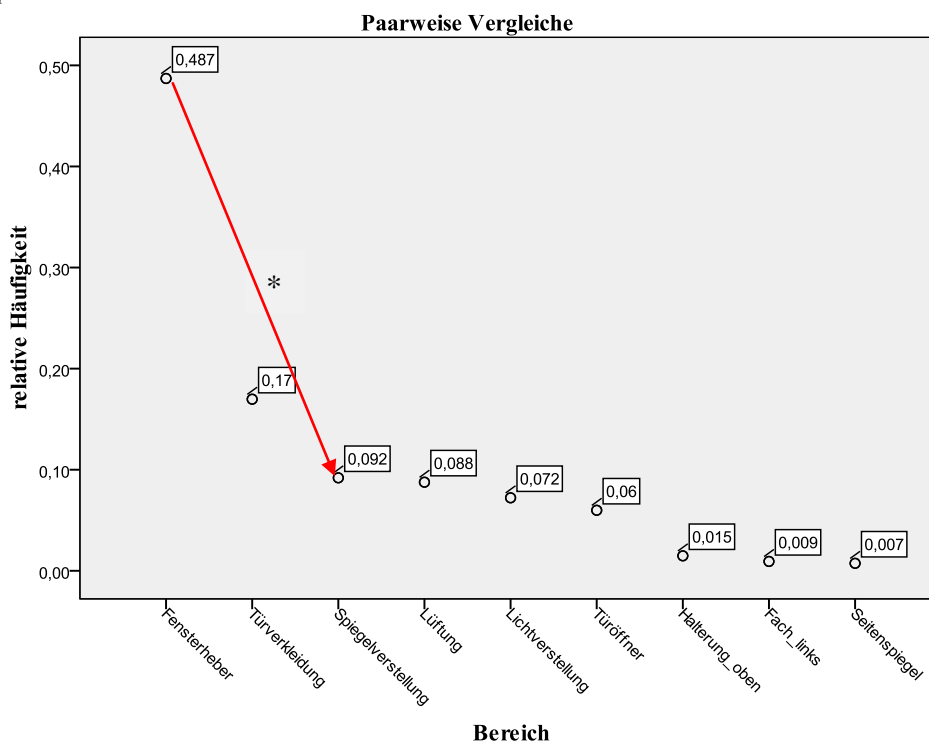


Abb. C.2.20.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich linke Seite; * = $p < .05$

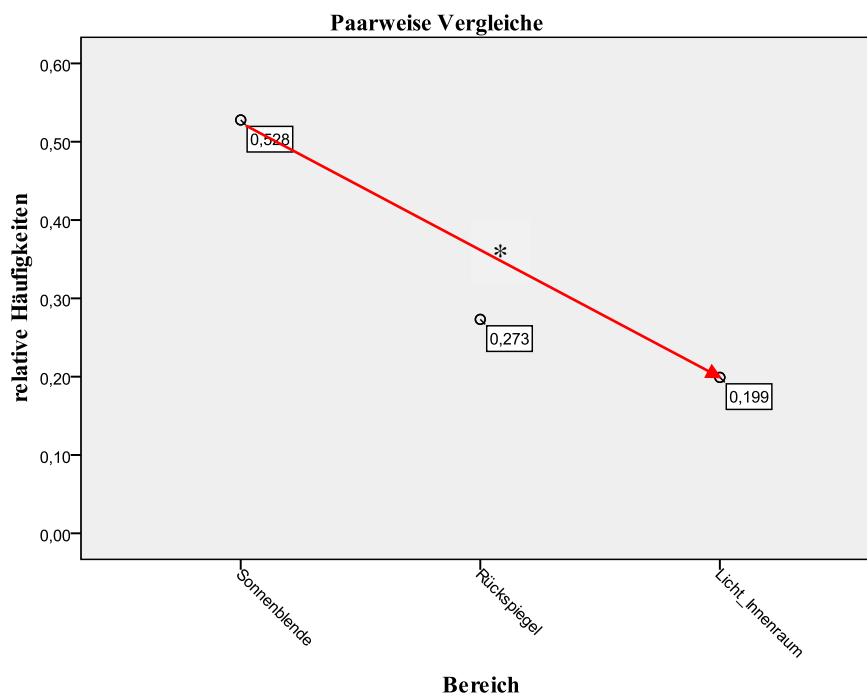
C.2.21 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Oben mit Gesamtdaten

Tab. C.2.21.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Oben (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Sonnenblende	.5278	.33456	18
2 Licht_Innenraum	.1991	.22350	18
3 Rückspiegel	.2731	.32314	18

Tab. C.2.21.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Oben (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.329	.110	.025*	.037	.621
	3	.255	.146	.268	-.131	.641
2	1	-.329	.110	.025*	-.621	-.037
	3	-.074	.105	.866	-.351	.203
3	1	-.255	.146	.268	-.641	.131
	2	.074	.105	.866	-.203	.351

*: $p < .005$ Abb. C.2.21.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Oben; * = $p < .05$

C.2.22 Renault Laguna: Repeated Measurement ANOVA für den Bereich Beifahrerseite mit Gesamtdaten

Tab. C.2.22.1: Deskriptive Statistiken für den Bereich Beifahrerseite (Gesamtdaten)

Deskriptive Statistiken			
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>
1 Handschuhfach	.6061	.41001	22
2 Beifahrersitz	.2879	.39568	22
3 Sonnenblende_Beifahrer	.1061	.25482	22

Tab. C.2.22.2: Paarweise Vergleiche für den Bereich Beifahrerseite (Gesamtdaten)

Paarweise Vergleiche						
(I)Bereich	(J)Bereich	Mittlere Differenz (I-J)	SE	<i>p</i>	95% Konfidenzintervall für die Differenz	
					Min	Max
1	2	.318	.163	.181	-.105	.741
	3	.500	.119	.001*	.192	.808
2	1	-.318	.163	.181	-.741	.105
	3	.182	.112	.316	-.108	.472
3	1	-.500	.119	.001*	-.808	-.192
	2	-.182	.112	.316	-.472	.108

*: $p < .005$

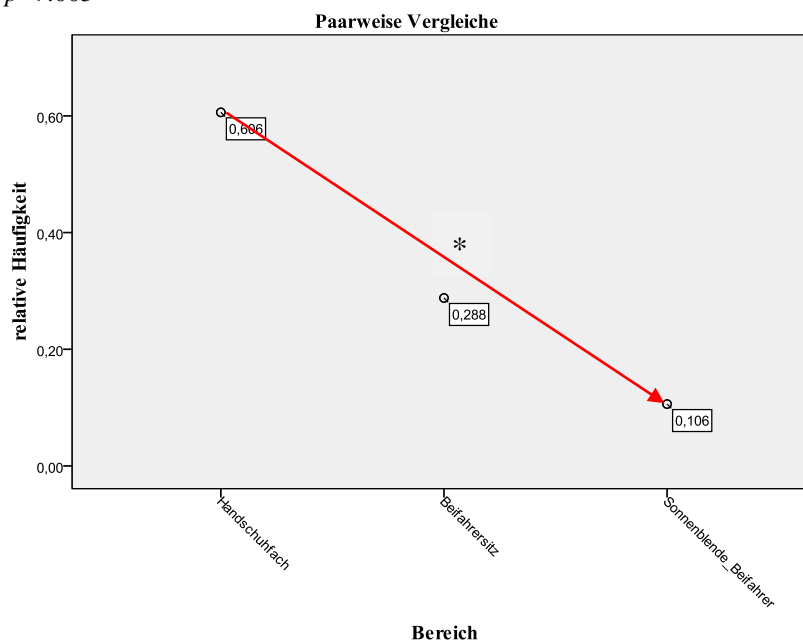


Abb. C.2.22.1: Relative Häufigkeiten der einzelnen Elemente im Bereich Beifahrerseite; * = $p < .05$

Tab. C.2.23.3: CLIO und LAGUNA: Spearmankorrelationen zwischen Haptik und absoluter Zeitdauer der *echten* Exploration

Renault Clio				Renault Laguna			
Haptikratings				Haptikratings			
Häufigkeit	Lenkrad	Schaltknauf	Fensterheber	Häufigkeit	Lenkrad	Schaltknauf	Fensterheber
Lenkrad	-.07			Lenkrad	-.34*		
Schaltknauf		-.07		Schaltknauf		.22	
Fensterheber			.10	Fensterheber			.12

D Matlab Code

D.1.1 Funktion zur Erstellung der Matrix in der Bildgröße für Heatmap Alternative 1

```

1  function hm=genhm(mat, modell)
2      %Bildgröße
3      if (modell == 1)
4          xmax=2000;
5          ymax=1230;
6      else
7          xmax=2000;
8          ymax=1108;
9      end
10     %Neue Matrix anlegen(Nullermatrix). die so groß wie das Bild ist.
11     hm=[ ];
12     hm(ymax,xmax)=0;
13
14     %Für alle Klickkoordinaten. x-Wert und y-Wert ergeben in der
15     Matrix
16     %hm an der Stelle hm(x. y) den Wert 1.
17
18     for i=1:length(mat(:,1))
19         x=mat(i,1);
20         y=mat(i,2);
21         hm(y,x)=hm(y,x)+1;
22     end
23 end

```

D.1.2 Funktion zur Erstellung der Matrix in der Bildgröße für Heatmap der Gesamtdaten Alternative 2⁴

```

1  function hm=genhmplagGES(modell, bereiche, polyg1, polyg2, polyg3,
2  polyg4, polyg5, polyg6, polyg7, polyg8, polyg9, polyg10, polyg11,
3  polyg12, polyg13, polyg14, polyg15, polyg16, polyg17, polyg18,
4  polyg19, polyg20, polyg21, polyg22, polyg23, polyg24, polyg25,
5  polyg26, polyg27, polyg28, polyg29, polyg30, polyg31, polyg32,
6  polyg33, polyg34 ,polyg35 ,polyg36 ,polyg37, polyg38, polyg39,
7  polyg40, polyg41 ,polyg42 ,polyg43 ,polyg44 ,polyg45, polyg46,
8  polyg47, polyg48, polyg49, polyg50, polyg51, anzahl)

```

⁴ Der Code für die Heatmaps der anderen Arten der Auswertung unterscheidet sich von diesem nur in der Anzahl der Parameter (da z.B. bei der Dauerberührung weniger Elemente berührt wurden).

```

9
10 %Bildgröße
11 if (modell == 1)
12     xmax=2000;
13     ymax=1230;
14 else
15     xmax=2000;
16     ymax=1108;
17 end
18 %Neue Matrix anlegen(Nullermatrix), die so groß wie das Bild ist.
19 hm=[];
20 hm(ymax,xmax)=0;
21
22 %Für alle Klickkoordinaten x-Wert und y-Wert ergeben in der Matrix
23 %hm an der Stelle hm(x,y) den Wert 1.
24
25 for i=1:bereiche
26     polymin2000 = min(eval(['polyg', int2str(i), '(:,1)']));
27     polymin1108= min(eval(['polyg', int2str(i), '(:,2)']));
28
29     polymax2000 = max(eval(['polyg', int2str(i), '(:,1)']));
30     polymax1108 = max(eval(['polyg', int2str(i), '(:,2)']));
31     for j = polymin2000:polymax2000
32         for k = polymin1108:polymax1108
33             if (inpolygon(j,k,eval(['polyg', int2str(i),
34 '(:,1)']],eval(['polyg', int2str(i), '(:,2)'])))
35                 if (i > 6 && hm(k,j) > 0)
36
37                     else
38                         hm(k,j)=hm(k,j) + anzahl(i);
39                     end
40                 end
41             end
42         end
43     end
44 end

```

D.1.3 Funktion zur Erstellung der Heatmap Alternative 1 und Alternative 2

```

1 function [hm, gf, gh]=createheatm(mat, multi, norm, filtsize, sd,
2 picname, colormap)
3     %Usage:
4     %[multiplizierte Heatmap, Gaussfiltervariable, Gefilterteheatmap]
5     =
6     %createheatm(
7     %Eingangsmatrix,
8     %Multiplikator fuer die Matrix,
9     %normierung ja/nein,
10    %Groesse des Filters (nur fuer quadratische Filter),
11    %Standardabweichung des Filters,
12    %Dateiname,
13    %gewählte Colormap)
14

```

```
15     %Basis fuer die Berechnung ist eine Matrix mat in der die
16 Häufigkeit
17     %der einzelnen Bildpunkte eingetragen ist, diese Matrix ist so
18 groß wie
19     %das Hintergrundbild. Die Matrix wurde mit genhm() (von Andy)
20 erstellt.
21
22     if norm
23         mat = mat/max(max(mat));
24     end
25
26     %Zuerst wird die Matrix mit einem Skalar multipliziert, damit
27     %die Punkte besser heraustreten;
28     hm = multi * mat;
29
30
31     %Nun wird ein quadratischer Gaussfilter erstellt, bei dem die
32     %Größe (=filtsize) und die Standardabweichung (=sd) übergeben
33 wurde
34     gf = fspecial('gaussian',[filtsize filtsize], sd);
35
36     %Dieser wird genutzt um die Matrix zu filtern.
37     gh = imfilter(hm, gf, 'symmetric', 'conv');
38
39
40     %Um das Ganze als Heatmap in der richtigen Größe betrachten zu
41 können.
42     %muss man die Heatmap als jpg speichern.
43
44     if norm
45
46         imwrite(gh, colmap, strcat(picname, '_', num2str(multi),
47         '_', num2str(filtsize), '_', num2str(sd), 'jet','norm', '.jpg'), 'jpg');
48
49     else
50         imwrite(gh*x, colmap, strcat(picname, '_', num2str(multi),
51         '_', num2str(filtsize), '_', num2str(sd), 'jet', '.jpg'), 'jpg');
52
53     end
54 end
```


E Zusammenfassung

Das Design von Fahrzeugen ist ein wichtiger Faktor in der Differenzierung der Marken. Hersteller können sich vor allem durch die Individualisierbarkeit von Interieurs voneinander unterscheiden und in diesem Bereich einen Kaufanreiz für die Kundschaft bieten. Da es in der Industrie vor allem in Zeiten wirtschaftlicher Krisen extrem wichtig ist sowohl kostengünstig zu produzieren als auch durch qualitativ hochwertige Produkte einen Absatz der Modelle zu erreichen, müssen sich die Hersteller und hier vor allem die Designer auf die zentralen Elemente des Fahrzeugs konzentrieren. Welche dies sind, wurde bisher wissenschaftlich wenig bis gar nicht untersucht. In der Autoindustrie werden zu Produkttests zu Beginn der Entwicklung meist Computersimulationen durchgeführt, die Modelle von Menschen als Testobjekte benutzen. Daneben existieren sog. Car Clinics, die spezialisierte Fragestellungen zu bestimmten Elementen beantworten sollen.

Aufgrund dieser Sachlage wurde ein Verfahren getestet, bei dem durch Kameraaufzeichnungen anhand zweier Testmodelle, einer Limousine und einem Kleinwagen, erhoben werden soll, welche Bereiche und Elemente im Fahrzeuginnenraum besonders häufig von potentiellen Kunden während einer Exploration berührt werden. Darüber hinaus stellte sich vor allem im Bezug auf eine mögliche Individualisierbarkeit von Innenräumen die Frage, ob sich die Teilnehmer hinsichtlich ihres Geschlechts, ihres Alters oder ihrer Expertise im Bereich Fahrzeugdesign in der Explorationshäufigkeit unterscheiden. Weiters sollte überprüft werden, ob sich die häufigere Berührung einzelner Elemente in einem höheren Gefallen der Bereiche zeigt.

Mittels sog. topografischer Relevanzfeldkarten wurde die Häufigkeitsverteilung der Berührungen über die Bereiche durch unterschiedliche Färbung der Bereiche auf einem Bild des Innenraums dargestellt. Diese Darstellungsvariante ermöglicht einen direkten und anschaulichen Überblick über die Häufigkeitsverteilung der Explorationen im Innenraum. Daneben wurden noch inferenzstatistische Methoden angewendet um die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Relevanz und Signifikanz zu bewerten. Hier konnte gezeigt werden, dass bei beiden Fahrzeugmodellen und unabhängig vom Geschlecht, Alter oder von der Expertise der Testpersonen vor allem die fahrrelevanten Bereiche, wie der Bereich um das Lenkrad (umfasst u.a. Lenkrad, Scheibenwischer und Blinkerhebel) und die Tunnelkonsole (umfasst u.a. Schaltkauf und Handbremse), am intensivsten berührt werden. Der Beifahrerbereich und der Bereich über dem Fahrer wurden hingegen nur selten exploriert. Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen Häufigkeit der Exploration und Gefallen der Elemente zeigte sich kein nennenswertes Ergebnis.

Diese Erkenntnisse erlauben den Schluss, dass die Designer sich in der Gestaltung des Innenraums vor allem auf die Bereiche um das Lenkrad und den Schaltknauf besonders konzentrieren sollten. Anhand der gewählten Methode konnten klare Ergebnisse erzielt werden und die gestellten Fragen über die Verteilung der Explorationen im Innenraum, über Unterschiede in Personenvariablen und über den Zusammenhang zwischen Häufigkeit der Exploration eines Elements und dessen Gefallen beantwortet werden.

F Lebenslauf

Michael Forster

Webgasse 22/2/5
1060 Wien
Österreich

PERSÖNLICHE DATEN

Name:	Michael Forster
Geburtsdatum:	31.01.1985
Geburtsort:	Linz
Familienstand:	Ledig
Staatsbürgerschaft:	Österreicher

AUSBILDUNG

Juli 2006	Abschluss des ersten Abschnitts
Seit Oktober 2004	Diplomstudium Psychologie an der Universität Wien
2004	Grundwehrdienst Linz/Ebelsberg
1995 - 2003	BG/BRG Ramsauerstraße Linz
1991- 1995	Volksschule Linz/Keferfeld

PRAKTIKA

Oktober 2009 – Jänner 2010	Studienassistent am Institut für psychologische Grundlagenforschung an der Fakultät für Psychologie, Universität Wien;
Oktober 2007 – Oktober 2009	Projektmitarbeiter im Projekt <i>Dynamik des Gefallens</i> am Institut für psychologische Grundlagenforschung an der Fakultät für Psychologie, Universität Wien; Betreuung: Univ.

Sommer 2007 Prof. Dr. Helmut Leder und Prof Dr. Claus-Christian Carbon;
 Pflichtpraktikum im Fachbereich Allgemeine Psychologie an der Fakultät für Psychologie, Universität Wien; Betreuung: Prof Dr. Claus-Christian Carbon;
 Sommer 2002, 2003, 2004, 2006 Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern Linz, Patiententransport;

ZUSATZQUALIFIKATIONEN

Sprachkenntnisse:

Englisch (fließend)

Französisch (Grundkenntnisse)

Italienisch (Grundkenntnisse)

IT – Kenntnisse:

Sehr gute Kenntnisse	MS Office
	SPSS (IBM SPSS Statistics)
	Adobe Photoshop
	Adobe Acrobat Professional
	Macintosh Computer und Betriebssysteme
Gute Kenntnisse	Psyscope (Experimentalsoftware für Macintosh)
	Matlab
	Programmiersprache C++
	Adobe Premiere Pro
	Adobe InDesigner

Grundlegende Kenntnisse	Adobe Dreamweaver
	Eye - Tracking
	PHP, MySQL, HTML (insbesondere in der Erstellung elektronischer Fragebögen)
	Betrieb und Verwaltung von elektronischen Informationssystemen (Wiki, Forum, Reservierungssystem)

Weitere Qualifikationen:

Zweisemestrige Ausbildung zum *student mentor* (Tutor für erstsemestrige Studierende)

Teilnahme an einem einsemestrigen Seminar zum Projektmanagement

Führerschein der Klassen A und B

Wien, am 01.02.2010

Michael Forster